

ANEXO 5 DISEÑOS Y DIAGNOSTICOS

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S
8009428, 8009327, 8009456, 8009473, 8009556, 8009549 y 8009623**

BOGOTÁ D.C., FEBRERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. GENERALIDADES.....	12
2.1 Metodología	12
2.2 Normatividad Consultada	13
2.3 Condiciones Climáticas	13
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales.....	15
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI.....	19
4. TRÁNSITO DE DISEÑO.....	21
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	25
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	27
5.1 Estratigrafía.....	30
5.2 Nivel freático	33
5.3 Ensayos de caracterización física	33
5.4 Análisis de potencial de expansión.....	36
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	42
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	43
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	50
5.6. Mejoramiento de la subrasante	52
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	54
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	54
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19).....	55

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	56
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	59
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	61
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	68
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	70
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	71
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	74
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	74
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	76
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	79
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	79
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	83
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	83
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	84
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	85

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

86

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	93
7.3. Diseño pavimento rígido - PCA	98
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido	103
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda	103
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda .	104
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	105
7.6. Características Geométricas de la Losa	109
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	110
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	111
7.9. Juntas de Transferencia.....	112
7.10. Juntas de Expansión	112
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	113
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	115
8.1. Equipos para los materiales granulares	116
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	120
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	121
9. CONCLUSIONES	124
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	126

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	16
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	19
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009428 (Fuente: Propia)	19
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009327 (Fuente: Propia)	20
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009556 (Fuente: Propia)	20
Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009456 (Fuente: Propia)	20
Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009473 (Fuente: Propia)	21
Tabla 8. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009549 (Fuente: Propia)	21
Tabla 9. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009623 (Fuente: Propia)	21
Tabla 10. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013).....	23
Tabla 11. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia).....	25
Tabla 12. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	27
Tabla 13. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	28
Tabla 14. Resumen resultados de laboratorios.	33
Tabla 15. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio).....	33
Tabla 16. Características físicas de la subrasante parte 2 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	34
Tabla 17. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	36
Tabla 18. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	37
Tabla 19. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia) 37	
Tabla 20. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	38
Tabla 21. Potencial de cambio volumétrico Lambe	39
Tabla 22. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	51
Tabla 23. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	51
Tabla 24. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	52

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Tabla 25. Propiedades mecánicas de los materiales	63
Tabla 26. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)	70
Tabla 27. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	73
Tabla 28. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (geocelda) (Fuente: elaboración propia).....	75
Tabla 29. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	76
Tabla 30. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93).....	78
Tabla 31. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia).....	78
Tabla 32. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93).	78
Tabla 33. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	79
Tabla 34. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	79
Tabla 35. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	82
Tabla 36. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	83
Tabla 37. Propiedades mecánicas de los materiales	89
Tabla 38. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	96
Tabla 39. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	103
Tabla 40. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	104
Tabla 41. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	105
Tabla 42. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	109

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 43. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	109
Tabla 44. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	112
Tabla 45. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	112
Tabla 46. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	112
Tabla 47. Alternativa recomendada Fuente Propia.	126
Tabla 48. Espesor de GCR.....	128

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)	14
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	16
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8009428. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	16
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8009456. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8009473. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8009327. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8009549. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 8. Ubicación Segmento vial 8009556. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 9. Ubicación Segmento vial 8009623. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 10. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	29
Ilustración 11. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	30
Ilustración 12. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia).....	31
Ilustración 13. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia).....	31
Ilustración 14. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	35
Ilustración 15. Criterio 2, análisis de expansión.	37
Ilustración 16. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	38

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 17. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	39
Ilustración 18. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	42
Ilustración 19. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	43
Ilustración 20. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	45
Ilustración 21. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	47
Ilustración 22. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	50
Ilustración 23. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)	56
Ilustración 24. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	58
Ilustración 25. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)	58
Ilustración 26. Gráfica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	60
Ilustración 27. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	61
Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	69
Ilustración 29. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)	71
Ilustración 30. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	72
Ilustración 31. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	73
Ilustración 32. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	77
Ilustración 33. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	85
Ilustración 34. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	86

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

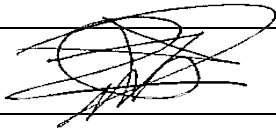
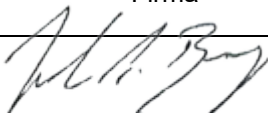
Ilustración 35. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	95
Ilustración 36. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	96
Ilustración 37. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	99
Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	100
Ilustración 39. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	100
Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	100
Ilustración 41. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	101
Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	102
Ilustración 43. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	102
Ilustración 44. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	102
Ilustración 45. Junta en pozos	110
Ilustración 46. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	111
Ilustración 47. Junta en Sumideros	111
Ilustración 48. Detalle Junta de expansión	113

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN
1		GENERAL	12/02/2026	atención a observaciones

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	12/02/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8009428, 8009327, 8009456, 8009473, , 8009556, 8009549 y 8009623 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

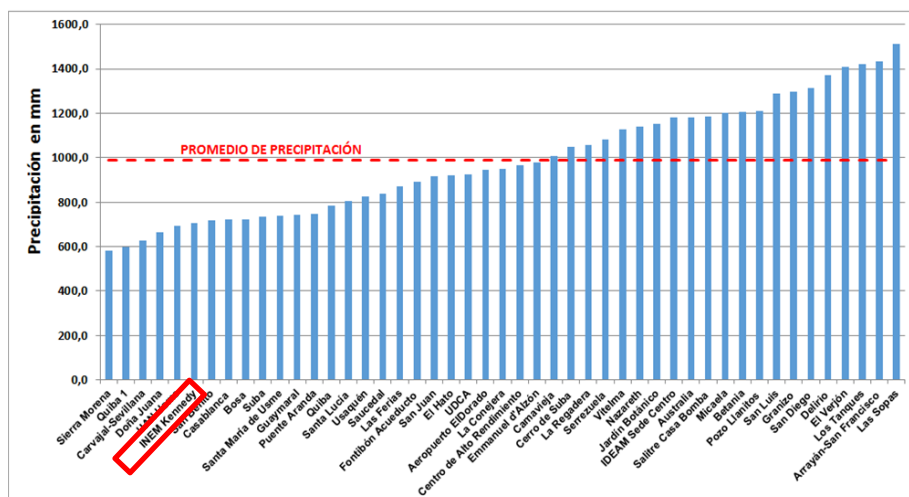
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en el sector CATALINA Y JACQUELINE de la UPL TIMIZA y se catalogan como malla vial local. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

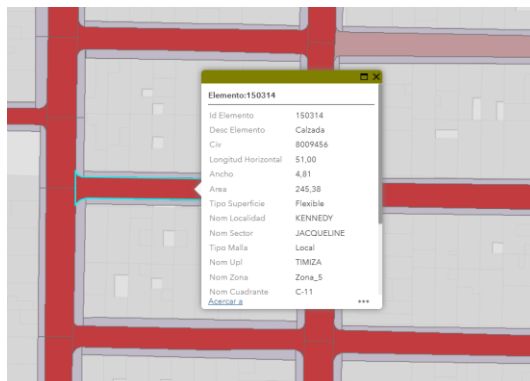


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8009456. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)



Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8009473. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

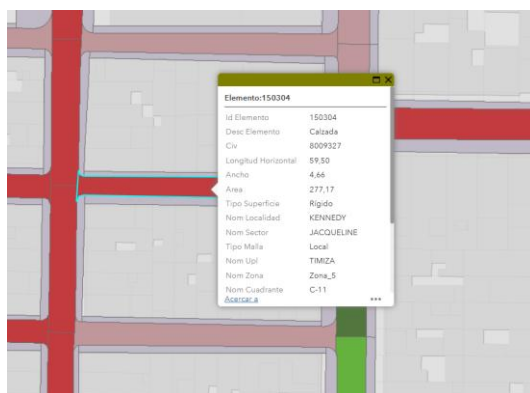


Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8009327. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

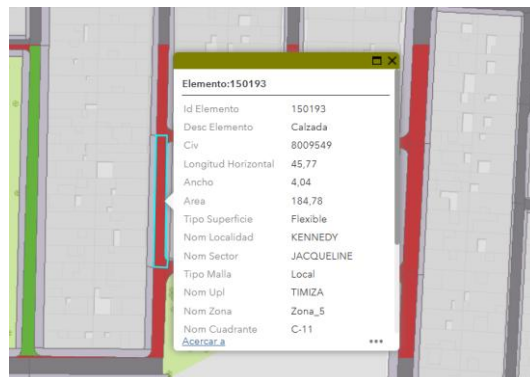


Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8009549. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

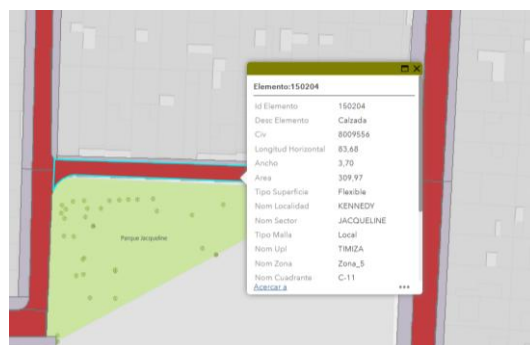


Ilustración 8. Ubicación Segmento vial 8009556. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

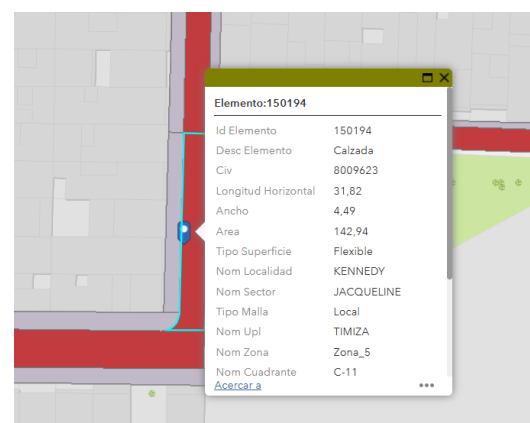


Ilustración 9. Ubicación Segmento vial 8009623. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8009428	KR 77W	CL 50 S	CL 50BIS S	RECONSTRUCCIÓN
8009327	KR 77XBISA	CL 48A S	CL 49 S	RECONSTRUCCIÓN
8009556	KR 77V	CL 46B S	CL 47A S	RECONSTRUCCIÓN
8009456	KR 77VBISB	CL 49 S	CL 50 S	RECONSTRUCCIÓN
8009473	KR 77VBISB	CL 48A S	CL 49 S	RECONSTRUCCIÓN
8009549	CL 47A S	KR 77U	KR 77W	RECONSTRUCCIÓN
8009623	CL 47 A SUR	KR 77 U	KR 77 V	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009428 (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009327 (Fuente: Propia)



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009556 (Fuente: Propia)



Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009456 (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009473 (Fuente: Propia)



Tabla 8. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009549 (Fuente: Propia)



Tabla 9. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009623 (Fuente: Propia)

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla Local, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T1-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 10. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 50 diarios definido para la categoría T1-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías locales no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por tal motivo, el empleo de la categoría T1-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial local y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Adicionalmente, la categoría T1-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías locales se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T1-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla local, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

Con base en la información obtenida se determina que una categoría T1-1 de acuerdo a categoría IDU, por lo cual, será usado el tráfico obtenido de la proyección que corresponde a 2.345.000 Ejes equivalentes.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8009428	KR 77W	CL 50 S	CL 50BIS S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009327	KR 77XBISA	CL 48A S	CL 49 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009556	KR 77V	CL 46B S	CL 47A S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009456	KR 77VBISB	CL 49 S	CL 50 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009473	KR 77VBISB	CL 48A S	CL 49 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009549	CL 47A S	KR 77U	KR 77W	LOCAL	615.000	2.345.000
8009623	CL 47 A SUR	KR 77 U	KR 77 V	LOCAL	615.000	2.345.000

Tabla 11. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 2.345.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 2.345.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	113.280
Eje simple	60 kN	226.560
Eje simple	70 kN	283.199
Eje simple	80 kN	283.199
Eje simple	90 kN	169.920
Eje simple	100 kN	56.640
Eje tandem	100 kN (grupo)	72.087
Eje tandem	120 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	140 kN (grupo)	216.261

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Eje tándem	160 kN (grupo)	180.218
Eje tándem	180 kN (grupo)	72.087
Eje trídem	150 kN (grupo)	20.596
Eje trídem	180 kN (grupo)	51.491
Eje trídem	210 kN (grupo)	61.789
Eje trídem	240 kN (grupo)	51.491
Eje trídem	270 kN (grupo)	20.596

Tabla 12. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W18 \approx 2.345.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8009428	4°36'36"N 74°10'00"W
8009327	4°36'37"N 74°09'57"W
8009556	4°36'33"N 74°09'50"W
8009456	4°36'35"N 74°09'59"W
8009473	4°36'35"N 74°09'57"W
8009549	4°36'34"N 74°09'51"W
8009623	4°36'33.5"N 74°09'51.8"W

Tabla 13. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

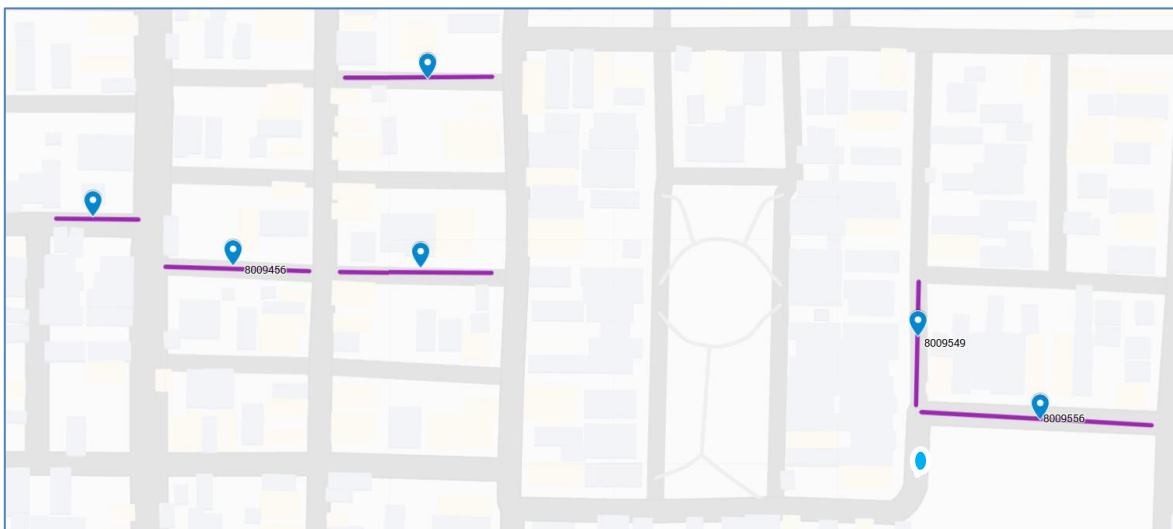


Ilustración 10. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

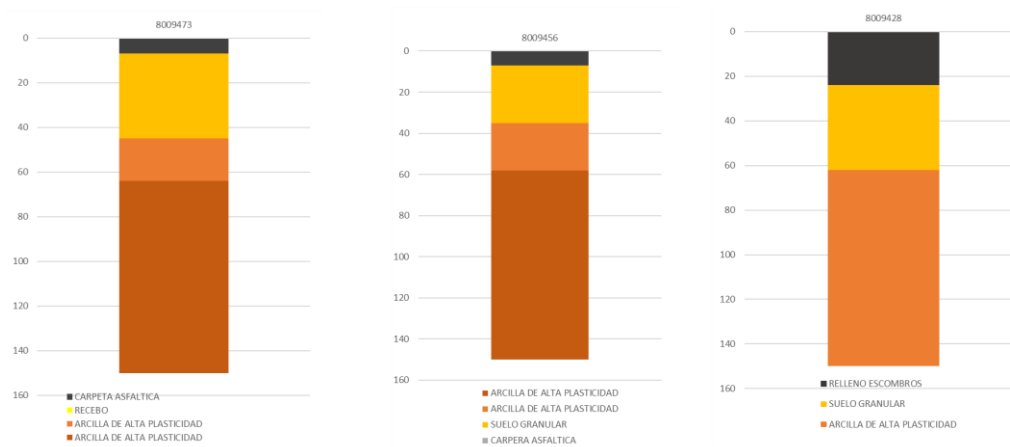


Ilustración 11. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

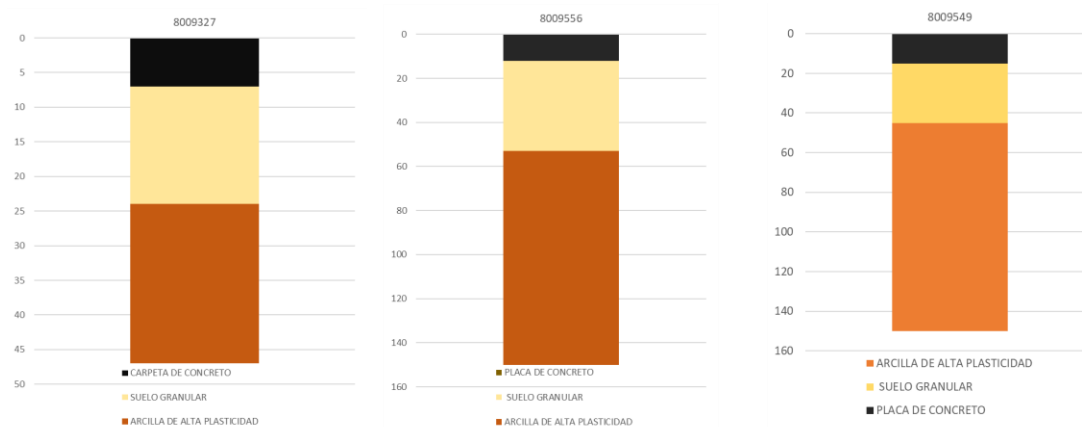


Ilustración 12. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia)

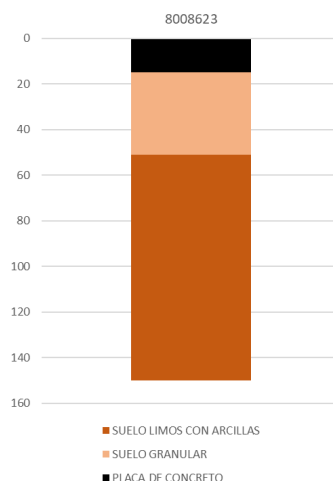


Ilustración 13. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia)

- En el punto 8009473 se observó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta asfáltica de 7 cm, seguida por una capa de recebo de 38 cm, una capa de arcilla de alta plasticidad de 19 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 86 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En el punto 8009456 se identificó un perfil conformado por una capa de carpeta asfáltica de 7 cm, una capa de suelo granular de 28 cm, una capa de arcilla de alta plasticidad de 23 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 92 cm.
- En el punto 8009428 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de relleno con escombros de 24 cm, una capa de suelo granular de 38 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 88 cm.
- En el punto 8009327 se identificó un perfil conformado por una capa de carpeta de concreto de 7 cm, una capa de suelo granular de 17 cm, una capa de arcilla de alta plasticidad de 23 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 103 cm.
- En el punto 8009556 se observó un perfil estratigráfico conformado por una capa de placa de concreto de 12 cm, una capa de suelo granular de 41 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 97 cm.
- En el punto 8009549 se identificó un perfil conformado por una capa de placa de concreto de 15 cm, una capa de suelo granular de 30 cm y una capa de arcilla de alta plasticidad de 105 cm.
- En el 8008623 se observó la existencia de un perfil conformado por una capa de placa de concreto de 15 cm, una capa de suelo granular de 36 cm, una capa de suelo limos con arcillas de 99 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	Profundidad desde (m)	Profundidad hasta (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LC	EXPANSION CBR(%)	CBR (%)	CBR SUMERGIDO (%)
8009473	0,28	0,45	SC	25	17	8	27,29	29,6	39,1	31,3	15			
	0,45	1,5	CH	74	17	57	77,11	0	2,5	97,5	9	0,94	3,25	2,51
8009456	0,07	0,35	GC	21	12	9	23,63	54,7	23,5	21,8	11			
	0,35	1,5	CH	72	32	40	32,87	0	1,9	98,1	19	0,94	3,95	3,61
8009428	0,24	0,62	CL	40	18	22	18,06	19,8	39	41,2	13			
	0,62	1,5	CH	63	29	34	29,73	0	2,8	97,2	18	1,27	5,96	2,36
8009327	0,07	0,24	GC	23	14	9	35,6	46,7	32,9	20,4	12			
	0,24	1,5	CH	57	25	32	35,6	0	1,7	98,3	16	1,51	6,32	2,13
8009556	0,12	0,53	CL	47	23	24	35,677	23,2	31,5	45,3	16			
	0,53	1,5	CH	75	27	48	35,677	0	2,5	97,5	15	1,01	5,34	1,85
8009549	0,15	0,45	GC-GM	14	10	4	36,08	44,1	27,2	28,7	9			
	0,45	1,5	CH	63	31	32	36,08	0	1,6	98,4	20	1,03	5,04	2,88
8008623	0,15	0,51	GC	27	17	10	17,35	63,1	17,4	19,5	15			
	0,51	1,5	CL	33	17	16	16,77	9,1	30,7	60,2	13	0,37	1,85	0,93

Tabla 14. Resumen resultados de laboratorios.

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8009473	8009456	8009428
Profundidad (m)	0,45 - 1,50	0,35 - 1,50	0,62 - 1,50
Clasificación U.S.C.S.	CH	CH	CH
Límite líquido (%)	74	72	63
Límite plástico (%)	17	32	29
Índice de plasticidad	57	40	34
Humedad natural (%)	24,48	33,55	38,27
Gravas (%)	0	0	0
Arenas (%)	2,5	1,9	2,8
Finos (%)	97,5	98,1	97,2
Expansión CBR (%)	0,94	0,94	1,27
Límite de contracción	9	19	18

Tabla 15. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Característica	8009327	8009556	8009549	8008623
Profundidad (m)	0,24 - 1,50	0,53 - 1,50	0,45 - 1,50	0,51 - 1,50
Clasificación U.S.C.S.	CH	CH	CH	CL
Límite líquido (%)	57	75	63	33
Límite plástico (%)	25	27	31	17
Índice de plasticidad	32	48	32	16
Humedad natural (%)	35,6	35,57	36,08	16,77
Gravas (%)	0	0	0	9,1
Arenas (%)	1,7	2,5	1,6	30,7
Finos (%)	98,3	97,5	98,4	60,2
Expansión CBR (%)	1,51	1,01	1,03	0,37
Límite de contracción	16	15	20	13

Tabla 16. Características físicas de la subrasante parte 2 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

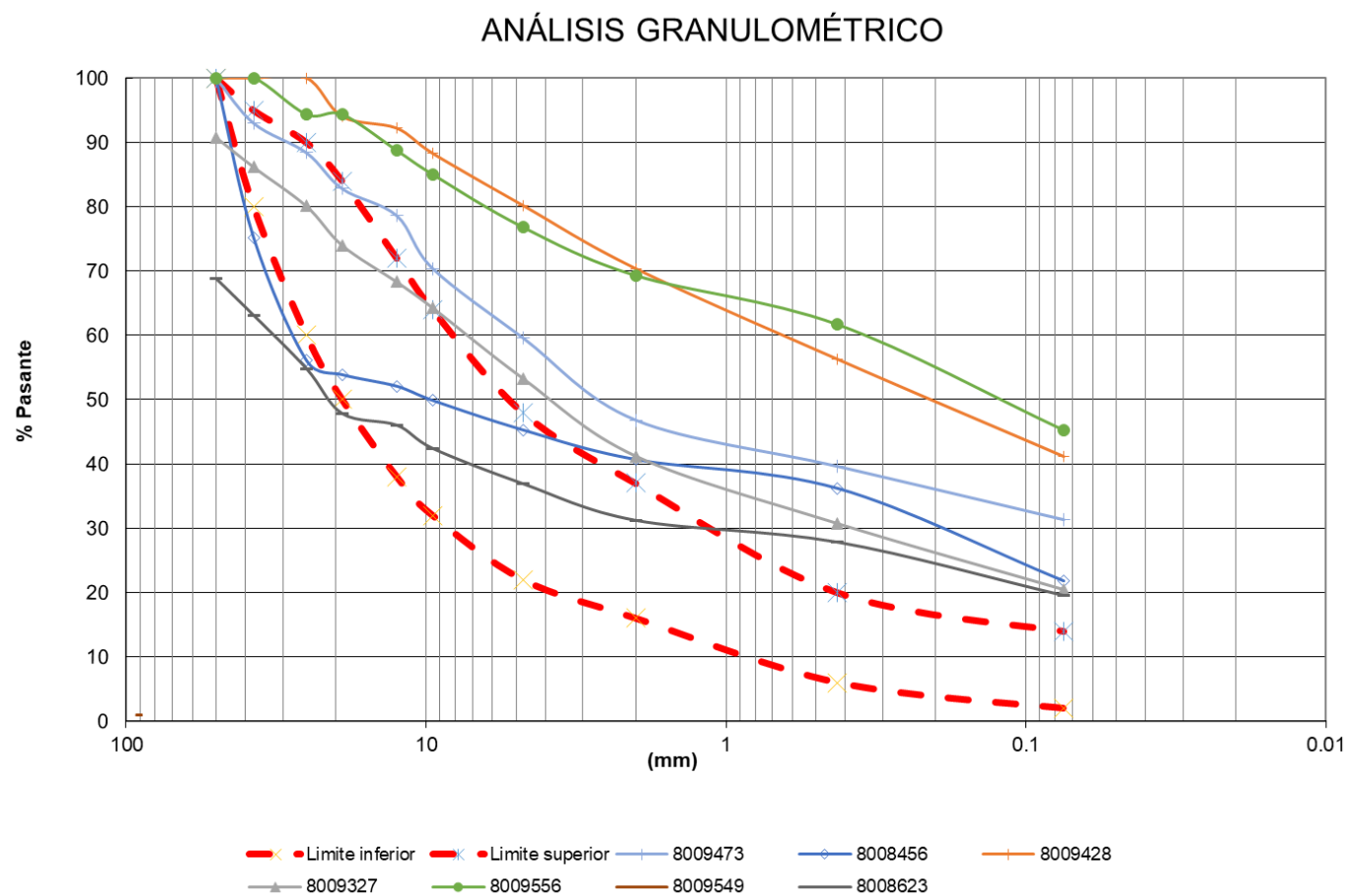


Ilustración 14. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8009428	KR 77W	CL 50 S	CL 50BIS S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009327	KR 77X BIS A	CL 48A S	CL 49 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009556	KR 77V	CL 46B S	CL 47A S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009456	KR 77 V BISB	CL 49 S	CL 50 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009473	KR 77 V BIS B	CL 48A S	CL 49 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009549	CL 47A S	KR 77U	KR 77W	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009623	CL 47 A SUR	KR 77 U	KR 77 V	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 17. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 18. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

CIV	PROFUNDIDAD (m)	Expansión CBR (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8009473	0,45 - 1,50	0,94	Bajo	74	Muy alto	9	Medio	57	Muy alto	97,5	Muy alto
8009456	0,35 - 1,50	0,94	Bajo	72	Muy alto	19	Bajo	40	Muy alto	98,1	Muy alto
8009428	0,62 - 1,50	1,27	Bajo	63	Alto	18	Bajo	34	Muy alto	97,2	Muy alto
8009327	0,24 - 1,50	1,51	Bajo	57	Alto	16	Bajo	32	Alto	98,3	Muy alto
8009556	0,53 - 1,50	1,01	Bajo	75	Muy alto	15	Bajo	48	Muy alto	97,5	Muy alto
8009549	0,45 - 1,50	1,03	Bajo	63	Alto	20	Bajo	32	Alto	98,4	Muy alto
8008623	0,51 - 1,50	0,37	Bajo	33	Bajo	13	Medio	16	Medio	60,2	Muy alto

Tabla 19. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Los valores de expansión obtenidos en el ensayo CBR bajo condiciones de inmersión para las diferentes calicatas y profundidades evaluadas oscilan entre 0,94 % y 1,51 %, lo cual permite evaluar el comportamiento volumétrico del material en su condición más desfavorable de saturación.

Las expansiones registradas no superan el 2 %, valor comúnmente utilizado como referencia para identificar suelos con alto potencial expansivo, aun en condición de inmersión. Los resultados muestran que, en condiciones de inmersión, la expansión del material no resulta crítica para su uso como subrasante en estructuras de pavimento.

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 15. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8009473	0,45 - 1,50	CH	74	17	57	24,48	97,5	9	Muy alto	Muy alto	Muy alto
8009456	0,35 - 1,50	CH	72	32	40	33,55	98,1	19	Muy alto	Muy alto	Alto
8009428	0,62 - 1,50	CH	63	29	34	38,27	97,2	18	Alto	Alto	Alto
8009327	0,24 - 1,50	CH	57	25	32	35,6	98,3	16	Alto	Alto	Alto
8009556	0,53 - 1,50	CH	75	27	48	35,57	97,5	15	Muy alto	Muy alto	Muy alto
8009549	0,45 - 1,50	CH	63	31	32	36,08	98,4	20	Alto	Alto	Alto
8008623	0,51 - 1,50	CL	33	17	16	16,77	60,2	13	Medio	Alto	Bajo

Tabla 20. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

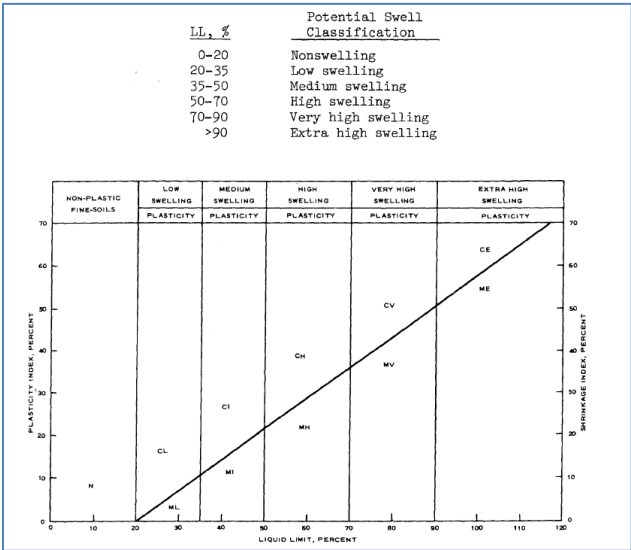


Ilustración 16. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

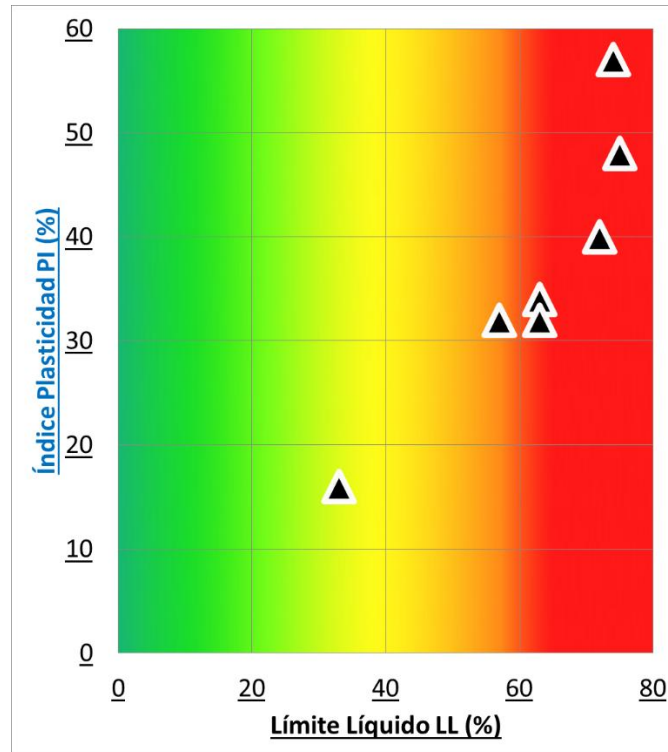


Ilustración 17. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumétrico	Categoría CVP
8009473	7,7	Muy crítica
8009456	7,5	Muy crítica
8009428	6,7	Muy crítica
8009327	6	Crítica
8009556	7,4	Muy crítica
8009549	6,7	Muy crítica

Tabla 21. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **MUY CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Entre las profundidades aproximadas de 0,24 m y 1,50 m se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 57 % y 75 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 32 % y 57 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra, del orden del 97 % al 98 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus límite líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 24 % y 38 %, combinados con límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante, orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

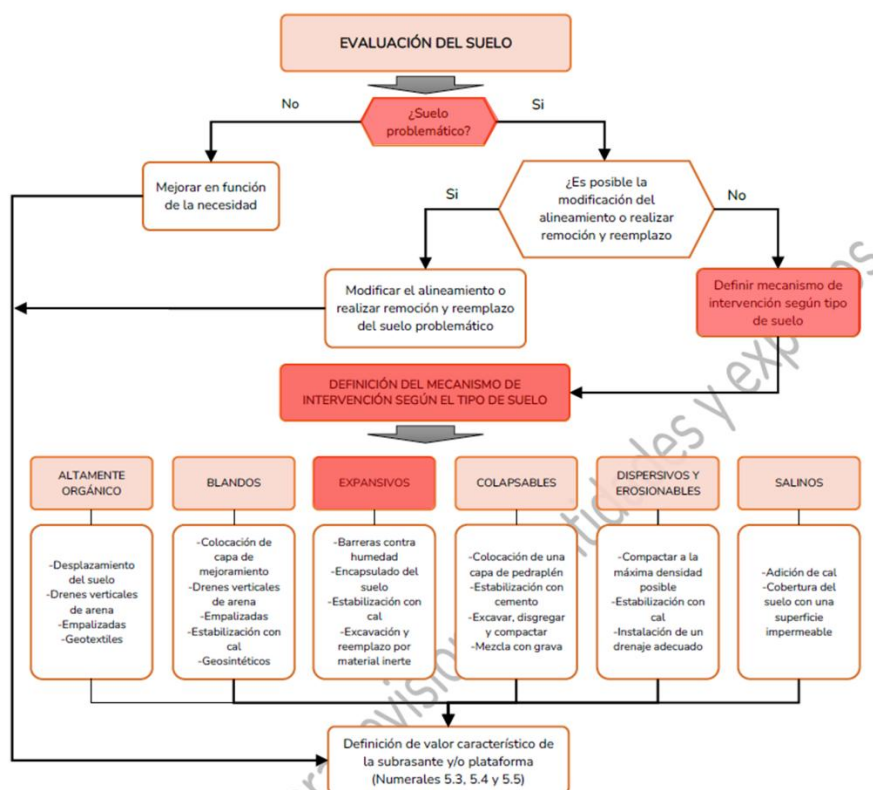


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 18. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,24 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

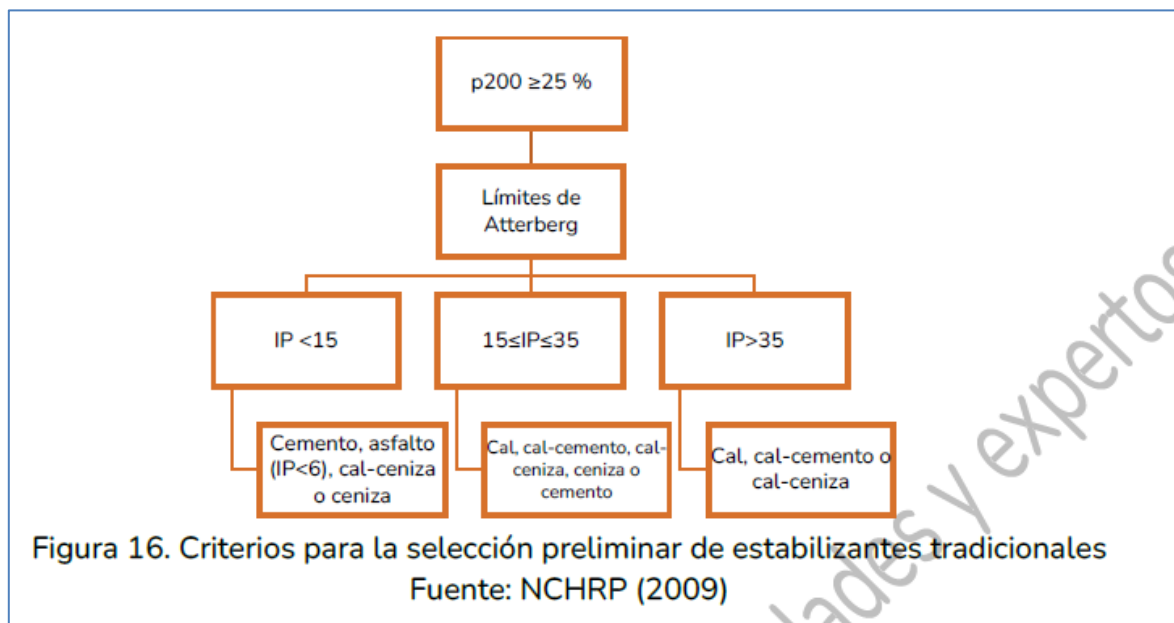


Ilustración 19. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.
 - Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atraviese el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

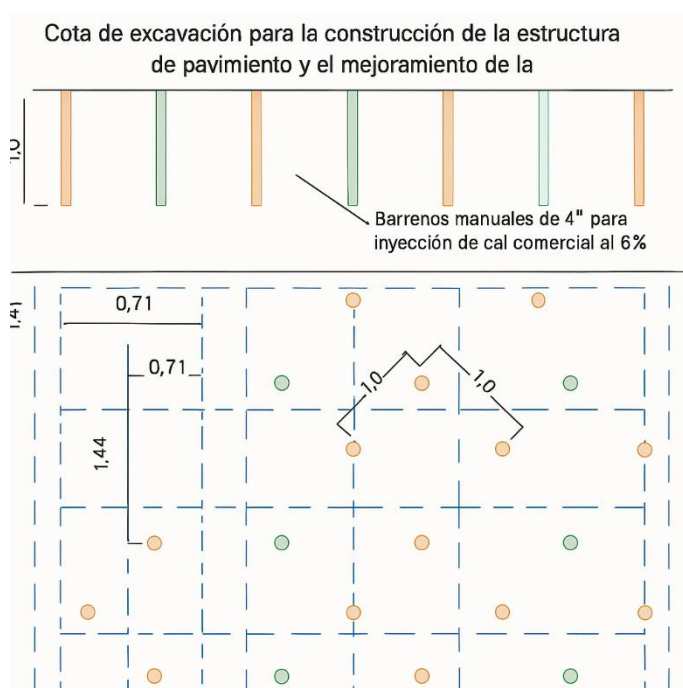


Ilustración 20. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

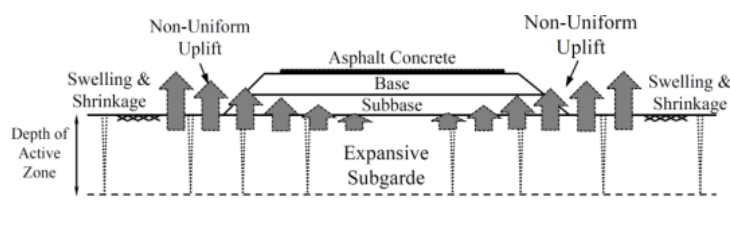


Ilustración 21. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

– Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apique muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

– Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 22. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

APIQUE	CBR NATURAL (%)	CBR SUMERG (%)
8009473	3,25	2,51
8009456	3,95	3,61
8009428	5,96	2,36
8009327	6,32	2,13
8009556	5,34	1,85

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR NATURAL (%)	CBR SUMERG (%)
8009549	5,04	2,88
8008623	1,85	0,93
Promedio	4,53	2,56
Desviación estándar	1,60	0,84
Percentil 75	5,65	2,70

Tabla 22. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR SUMERGIDO (%)	MPa	Mr kg/cm2	PSI
2,70	20,21	206,11	2931,58

Tabla 23. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 24. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi.

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	5

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	2,70	206,11	2931,58
Subrasante mejorada con Geocelda	5,94	594,13	8450,5

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 5 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

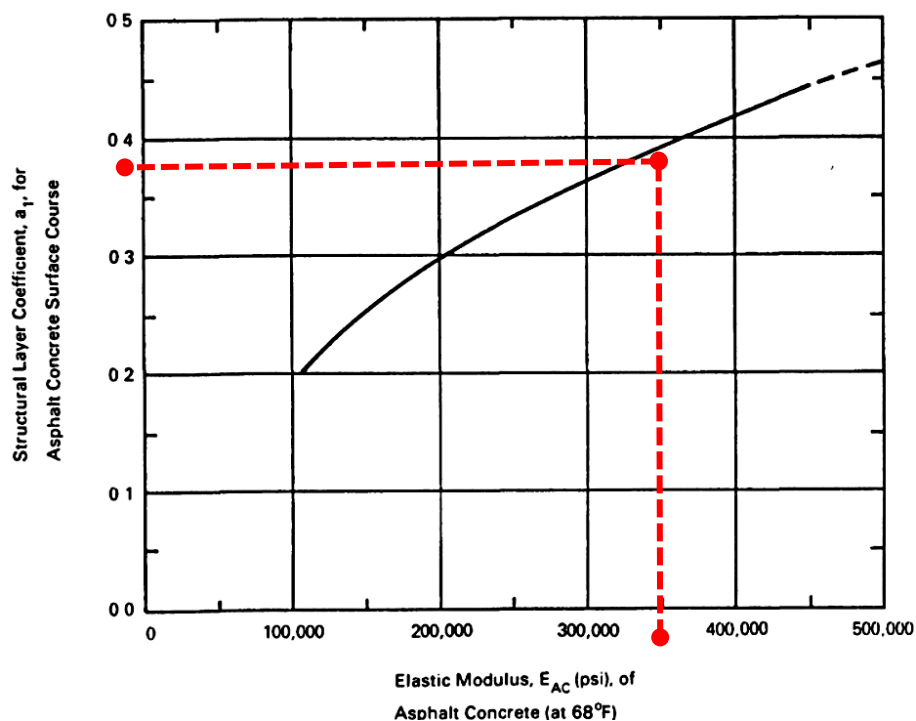


Ilustración 23. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfáltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

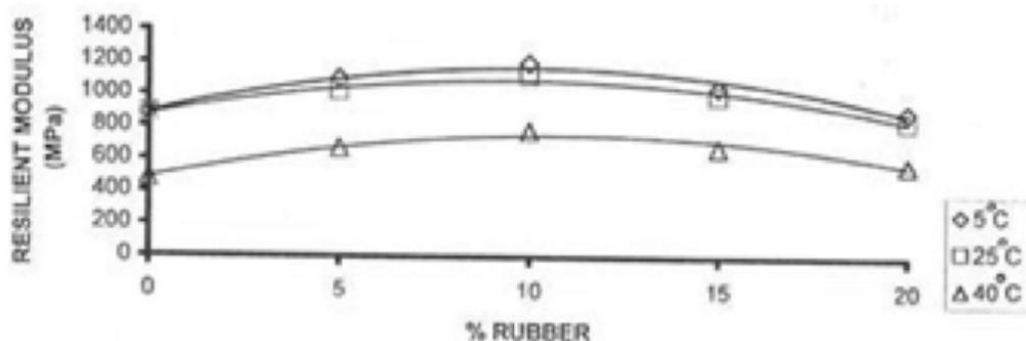


Ilustración 24. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

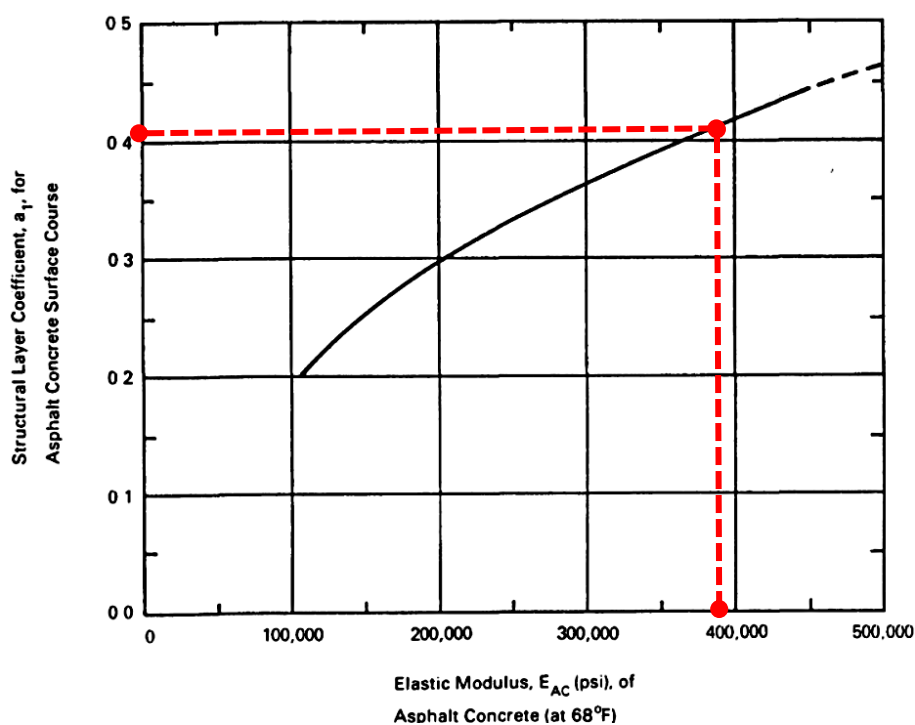


Ilustración 25. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

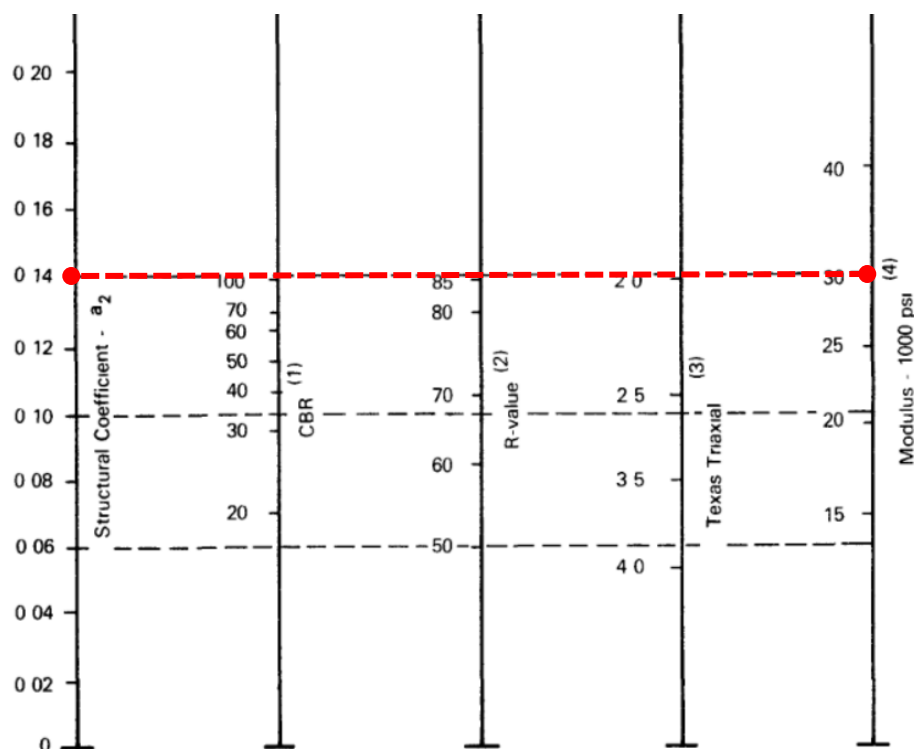


Ilustración 26. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 27. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 25. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

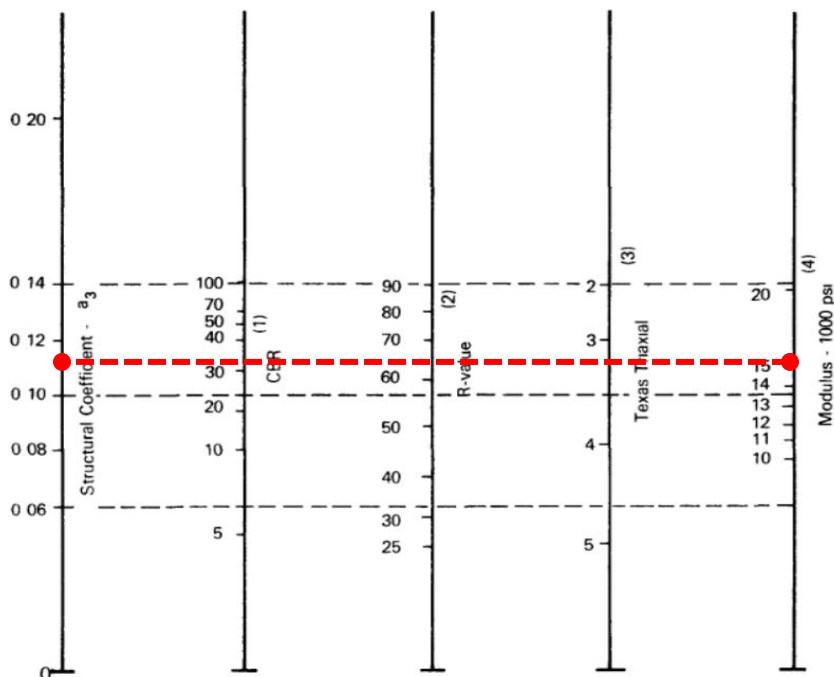


Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 26. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots + \dots a_i m_i D_i$$

Dónde: a_i es el coeficiente estructural de la capa

m_i es el coeficiente de drenaje de la capa

D_i es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 29. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 30. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 31. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	615.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	2.8

Tabla 27. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	15	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	8450.5 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			2931.58 PSI

Tabla 28. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (geocelda) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	8450.5 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			2931.58 PSI

Tabla 29. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL COEFICIENTES DE CALAGE			
		MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
AUTOREPARACION DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES			
DISTRIBUCION LATERAL DE LAS CARGAS	K2	CUALQUIERA 2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DIA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 32. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
4.42E-04	7.71E-04	6.13E-01

Tabla 30. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm2
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 31. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm2)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 32. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1 y 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1,67E-04	4.40E-04	4.23E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 33. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 3		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1,07E-04	4.08E-04	3.02E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 34. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 35. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h

Tabla 36. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

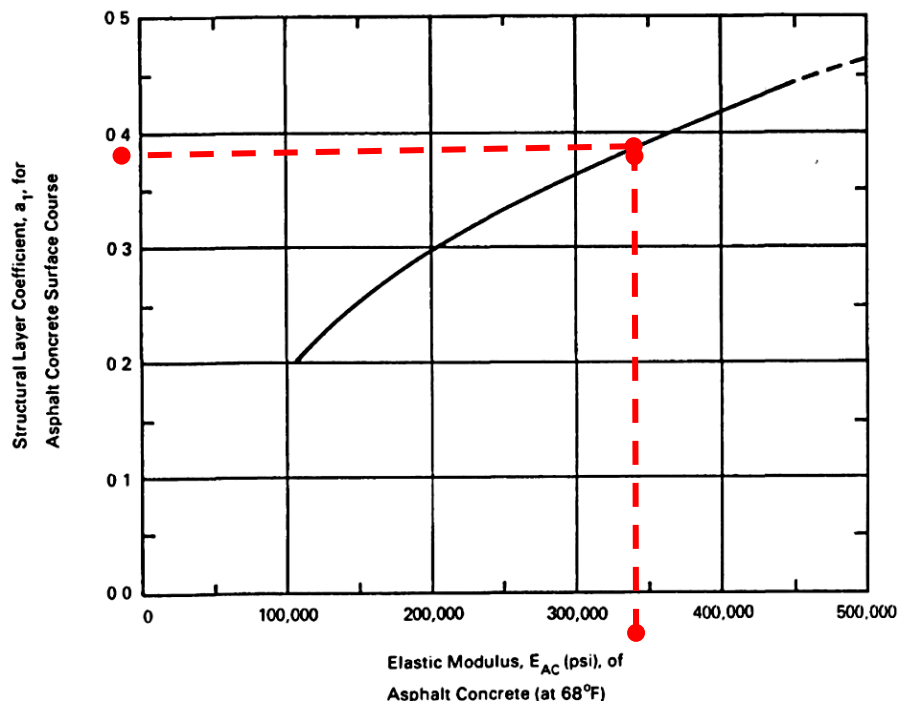


Ilustración 33. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

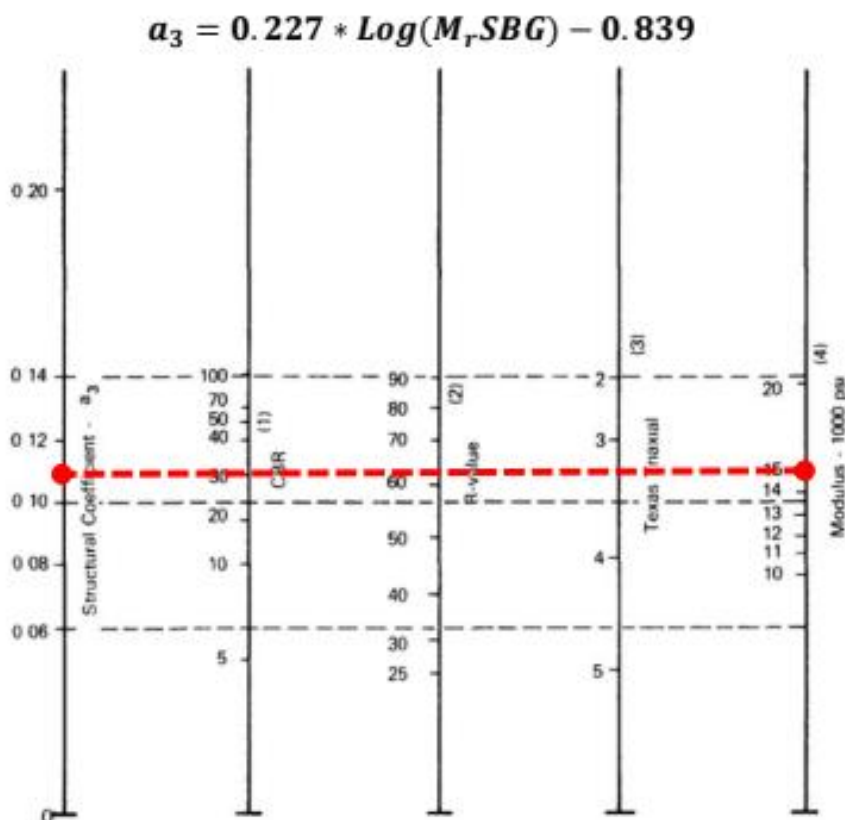


Ilustración 34. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 37. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

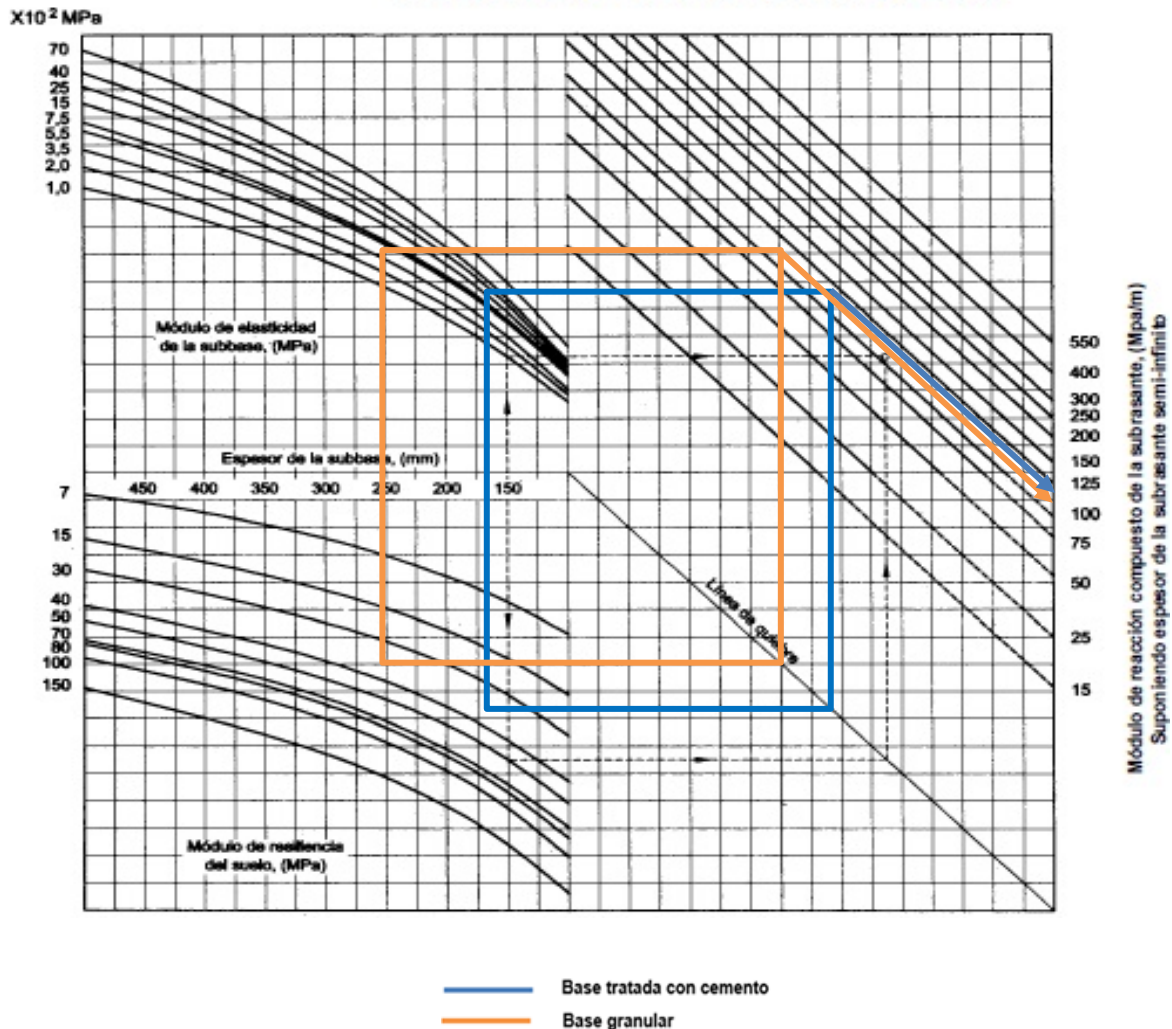
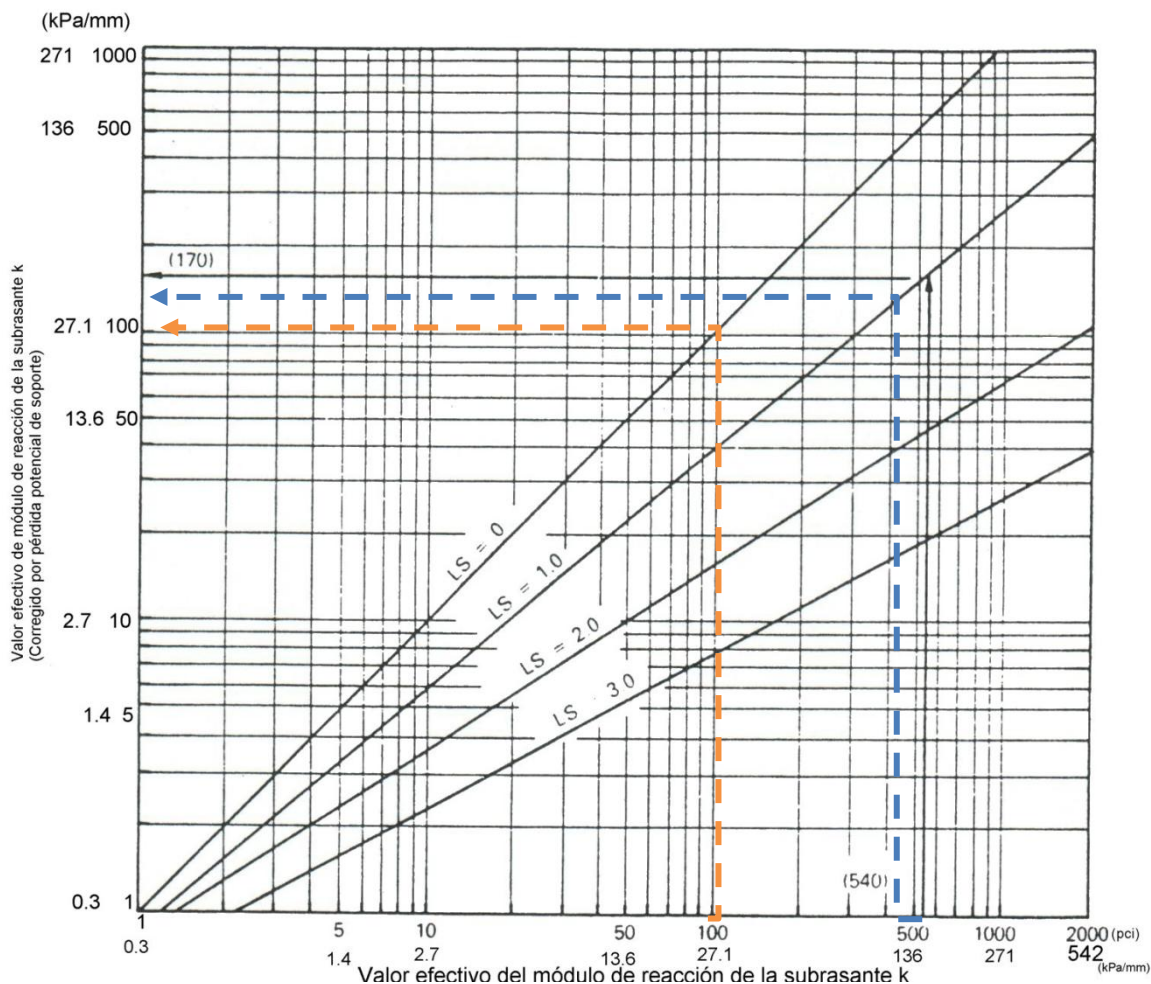


Ilustración 35. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).



A partir de lo anterior y con el fin de brindar espesores de capa constructivos, se empleará una capa Subbase reciclada (AR-SBG).

CAPA	E (psi)	ESPESOR	k
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Estabilizada con cemento 5%	37000	16 cm	125 pci
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	15000	25 cm	115 pci

Tabla 38. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. **Diseño pavimento rígido - PCA**

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (4.5MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.5	kPa
K del conjunto :	65	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	1.04	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 37. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesta cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

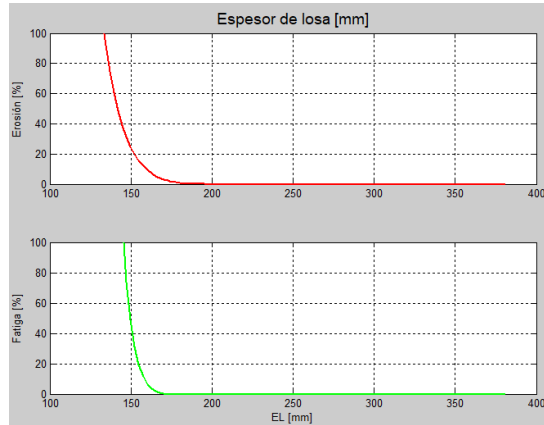


Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

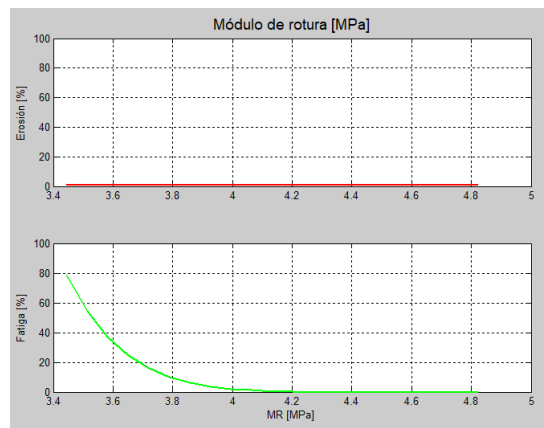


Ilustración 39. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

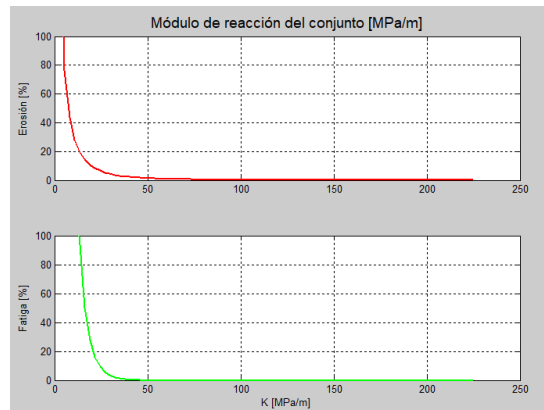


Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (4.5MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.5	kPa
K del conjunto :	54	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	3.06	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 41. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

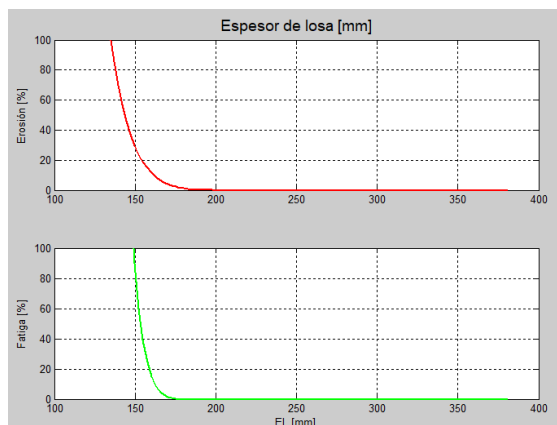


Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

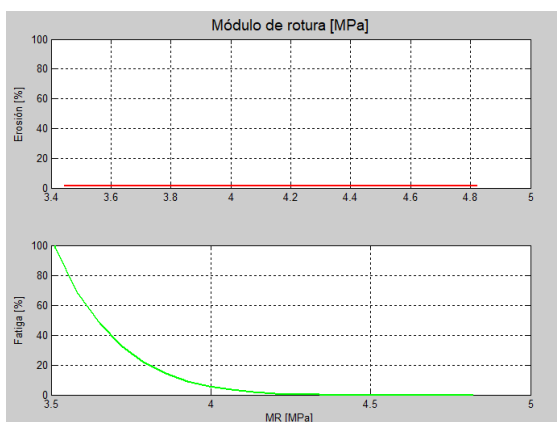


Ilustración 43. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

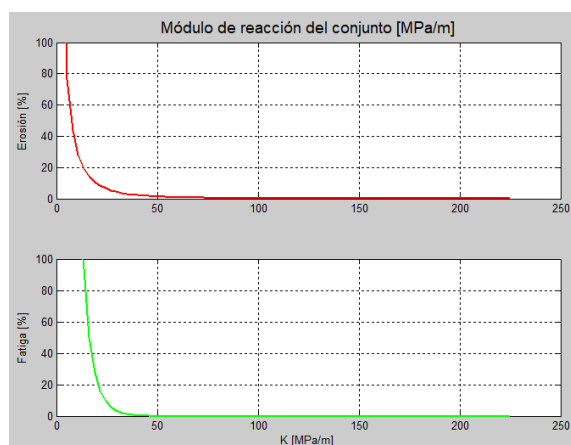


Ilustración 44. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	2.345.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 39. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos rígidos del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para ello, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN N IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	8450.5 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	2931.58 PSI	

Tabla 40. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN N IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	8450.5 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	2931.58 PSI	

Tabla 41. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VM ^{PR}		Estabilización VM ^{PR}	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 42. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

Tabla 43. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. Características Geométricas de la Losa

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- a) Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

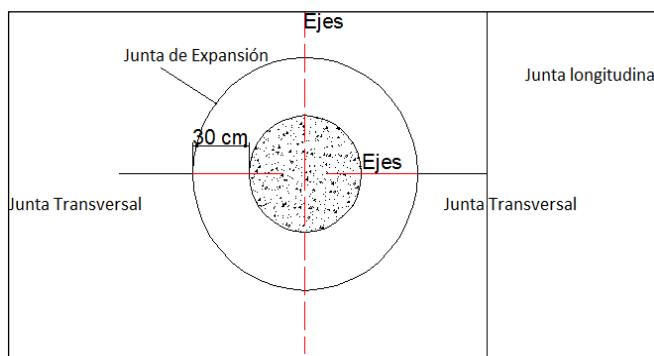
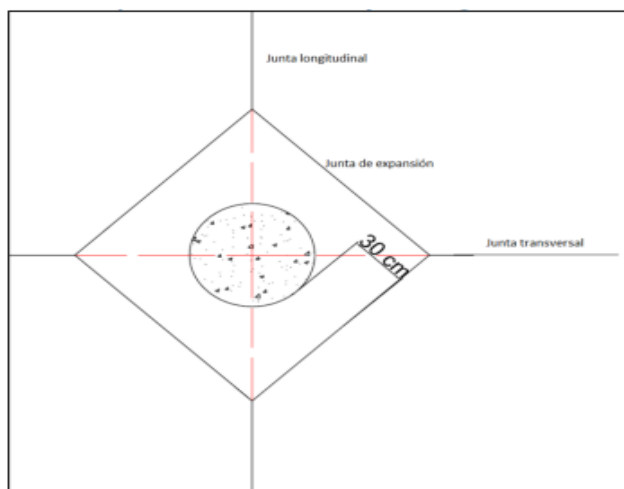


Ilustración 45. Junta en pozos

- b) Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 46. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

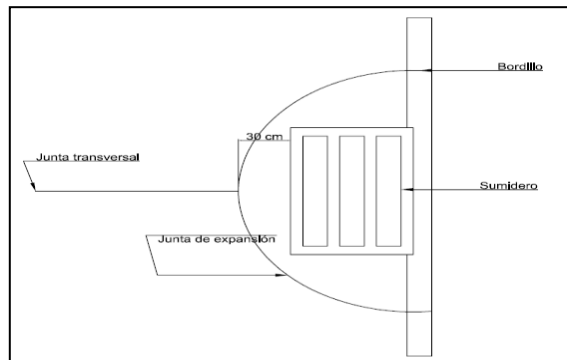


Ilustración 47. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	7/8"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 44. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 45. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 46. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

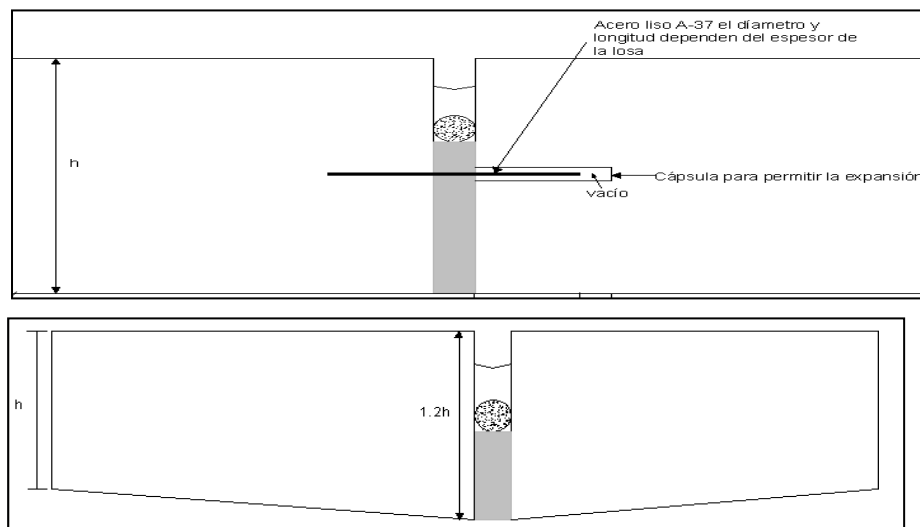


Ilustración48. Detalle Junta de expansión

7.11. **Sellado de Juntas y ventana de corte**

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.
- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.
- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición , relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.

- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.

- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.
- **Compactación:** se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.
- **Actividades accesorias:** el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).
- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.

- **Extensión de la mezcla:** la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.
- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisonés, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media-alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)o Subbase Granular	20	412-18	8450.5 PSI

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm			
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			2931.58 PSI

Tabla 47. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.
- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de la sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.
- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.
- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 48. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

Cemento (5% en peso):

Cemento = $0.05 \times 2052 \text{ kg} = 102.6 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^3$

Aditivo líquido Iónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo líquido Iónico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0001-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009428, 8009327, 8009456, 8009473, 8009556, 8009549 y 8009623.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009428, 8009327, 8009456, 8009473, 8009556, 8009549 y 8009623, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para siete (7) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009428	KR 77W	CL 50 S	CL 50BIS S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009327	KR 77XBISA	CL 48A S	CL 49 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009456	KR 77VBISB	CL 49 S	CL 50 S

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009473	KR 77VBISB	CL 48A S	CL 49 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009556	KR 77V	CL 46B S	CL 47A S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009549	CL 47A S	KR 77U	KR 77W
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009623	CL 47 A SUR	KR 77 U	KR 77 V

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de vía, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009428, 8009327, 8009456, 8009473, 8009556, 8009549 y 8009623”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular	20	412-18	8450.5 PSI

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm			
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			2931.58 PSI

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA
Ingeniero Civil
Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos
M.P. 25202-139172 CND

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S
8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 Y 8008743**

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE 2025

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. GENERALIDADES.....	12
2.1 Metodología	12
2.2 Normatividad Consultada	13
2.3 Condiciones Climáticas	13
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales.....	15
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI.....	20
4. TRÁNSITO DE DISEÑO.....	24
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	28
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	30
5.1 Estratigrafía.....	32
5.2 Nivel freático	35
5.3 Ensayos de caracterización física	35
5.4 Análisis de potencial de expansión.....	38
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	44
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	45
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	52
5.6. Mejoramiento de la subrasante	54
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	56
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	56
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19).....	58

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	59
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	62
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	64
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	71
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	73
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	74
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	77
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	77
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	79
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	82
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	82
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	86
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	86
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	87
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	88

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

89

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	96
7.3. Metodología PCA.....	101
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido.....	106
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda.....	106
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda .	107
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	108
7.6. Características Geométricas de la Losa	112
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	112
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	114
7.9. Juntas de Transferencia.....	114
7.10. Juntas de Expansión.....	115
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	115
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	117
8.1. Equipos para los materiales granulares	118
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	122
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	124
9. CONCLUSIONES.....	126
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	128

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	16
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	20
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009022 (Fuente: Propia)	21
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008916 (Fuente: Propia)	21
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008802 (Fuente: Propia)	21
Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008713 (Fuente: Propia)	22
Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008801 (Fuente: Propia)	22
Tabla 8. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008842 (Fuente: Propia)	22
Tabla 9. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008888 (Fuente: Propia)	23
Tabla 10. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008792 (Fuente: Propia)	23
Tabla 11. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008743 (Fuente: Propia)	23
Tabla 12. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	25
Tabla 13. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)	27
Tabla 14. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	29
Tabla 15. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	31
Tabla 16. Resumen resultados laboratorio.....	35
Tabla 17. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	36
Tabla 18. Características físicas de la subrasante parte 2 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	36
Tabla 19. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	38
Tabla 20. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	39
Tabla 21. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)	39
Tabla 22. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	39
Tabla 23. Potencial de cambio volumétrico Lambe	41
Tabla 24. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	53

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Tabla 25. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	53
Tabla 26. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	54
Tabla 27. Propiedades mecánicas de los materiales	66
Tabla 28. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)73	
Tabla 29. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	76
Tabla 30. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia).....	78
Tabla 31. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 3 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	79
Tabla 32. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93).....	81
Tabla 33. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia).....	81
Tabla 34. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93). 81	
Tabla 35. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	82
Tabla 36. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	82
Tabla 37. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	85
Tabla 38. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	86
Tabla 39. Propiedades mecánicas de los materiales	92
Tabla 40. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	99
Tabla 41. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	101
Tabla 42. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	106
Tabla 43. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	107

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 44. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	111
Tabla 45. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	112
Tabla 46. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	114
Tabla 47. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	114
Tabla 48. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	114
Tabla 49. Alternativa recomendada Fuente Propia	128
Tabla 50. Espesor de GCR	130

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)	14
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	16
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8008792. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008713. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8008888. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8008842. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8008801. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 8. Ubicación Segmento vial 8008802. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 9. Ubicación Segmento vial 8008916. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	19
Ilustración 10. Ubicación Segmento vial 8009022. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU) ..	19
Ilustración 11. Ubicación Segmento vial 8008743. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU) ..	19
Ilustración 12. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	31
Ilustración 13. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	32
Ilustración 14. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia).....	33
Ilustración 15. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia).....	33

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 16. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	37
Ilustración 17. Criterio 2, análisis de expansión.	39
Ilustración 18. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	40
Ilustración 19. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	40
Ilustración 20. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	44
Ilustración 21. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	45
Ilustración 22. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	47
Ilustración 23. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	49
Ilustración 24. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	52
Ilustración 25. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	58
Ilustración 26. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	60
Ilustración 27. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	61
Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	63
Ilustración 29. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	64
Ilustración 30. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	72
Ilustración 31. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)	74
Ilustración 32. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	75

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

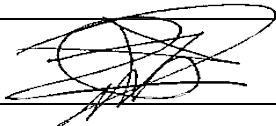
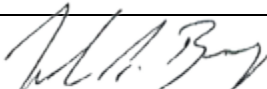
Ilustración 33. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	76
Ilustración 34. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	80
Ilustración 35. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	88
Ilustración 36. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	89
Ilustración 37. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	98
Ilustración 38. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	99
Ilustración 39. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	102
Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	103
Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	103
Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	103
Ilustración 43. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	104
Ilustración 44. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	105
Ilustración 45. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	105
Ilustración 46. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	105
Ilustración 47. Junta en pozos	112
Ilustración 49. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	113
Ilustración 49. Junta en Sumideros	113
Ilustración50. Detalle Junta de expansión.....	115

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	15/01/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 y 8008743 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 258 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

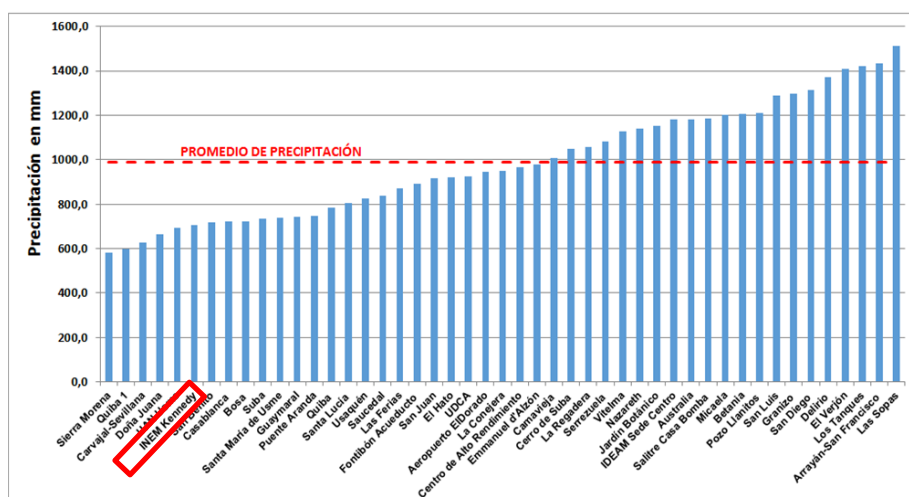
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



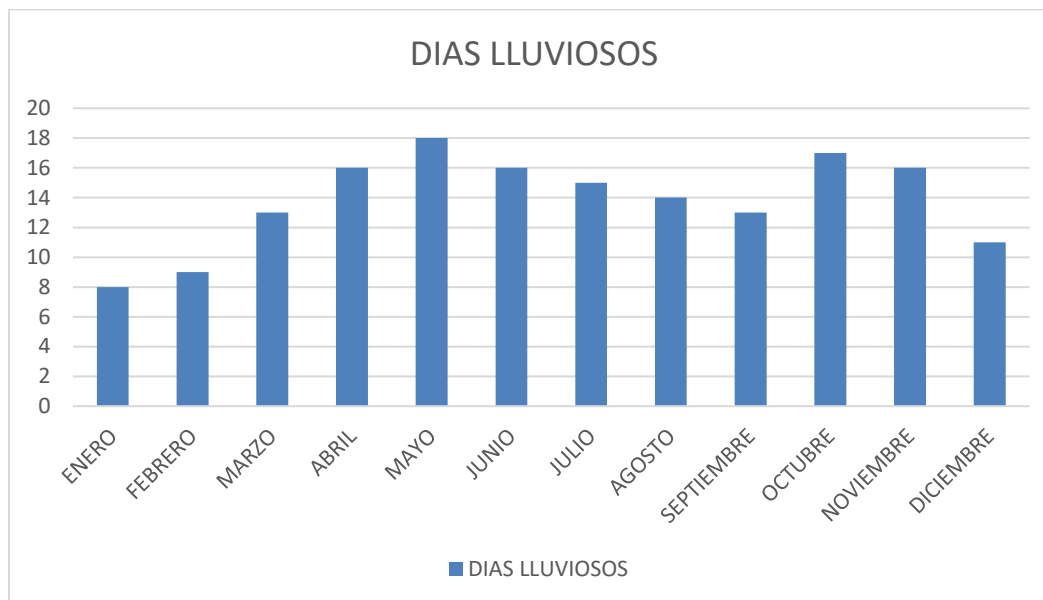
	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en el sector TOCAREMA de la UPL TIMIZA y se catalogan como malla vial local. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

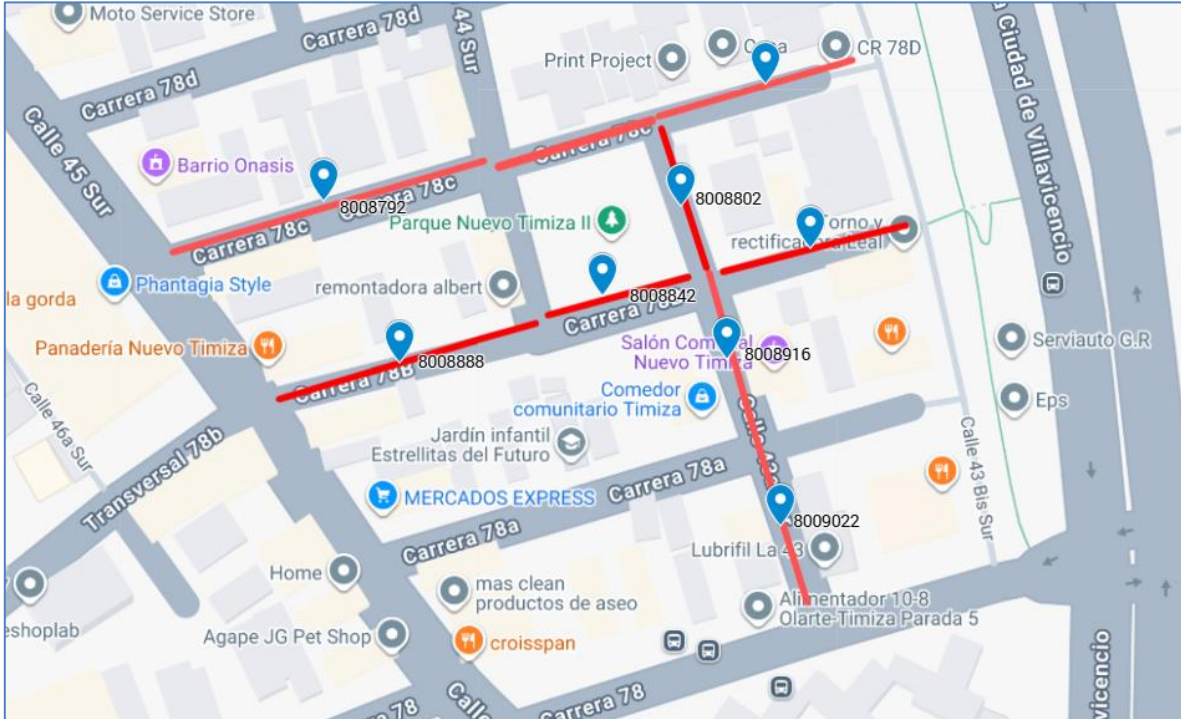


Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8009022	CL 43A S	KR 78	KR 78A	122.35
8008916	CL 43A S	KR 78A	KR 78B	105.35
8008802	CL 43A S	KR 78B	KR 78C	112.41
8008713	KR 78C	CL 43BIS S	CL 43A S	115.49
8008801	KR 78B	CL 43BIS S	CL 43A S	116.52
8008842	KR 78B	CL 43A S	CL 44 S	112.38
8008888	KR 78B	CL 44 S	CL 45 S	176.88
8008792	KR 78C	CL 44 S	CL 45 S	233.75
8008743	KR 78C	CL 43A S	CL 44 S	111.09

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

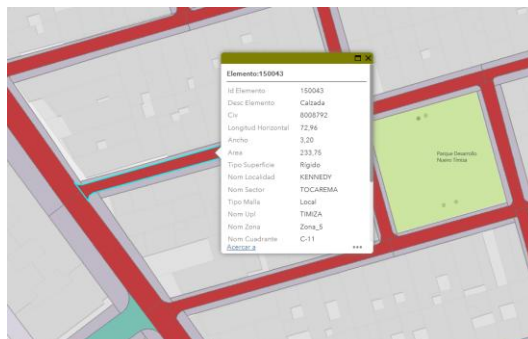


Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8008792. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

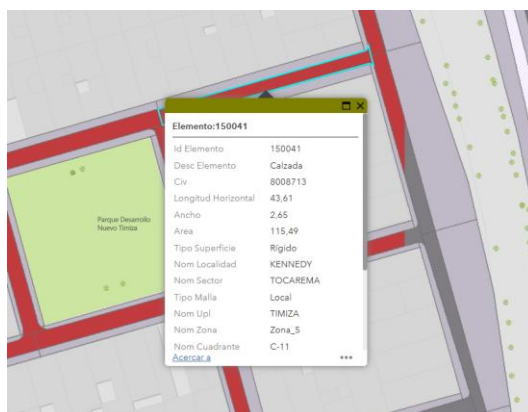


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008713. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

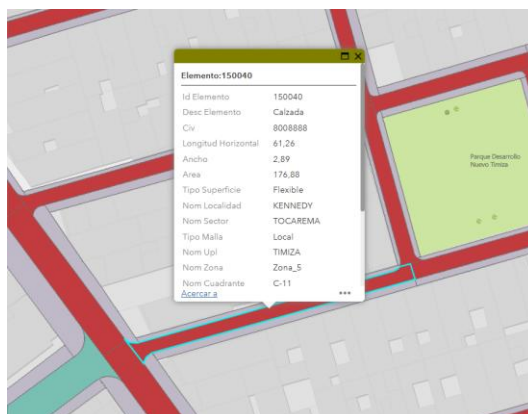


Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8008888. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

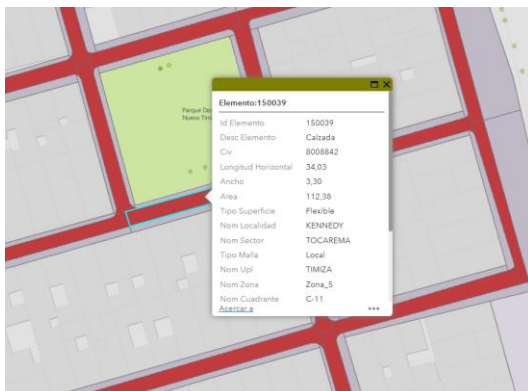


Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8008842. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

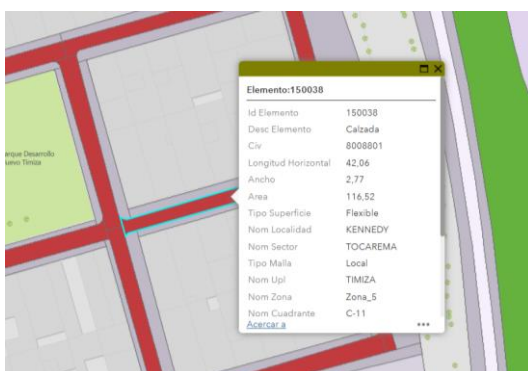


Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8008801. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

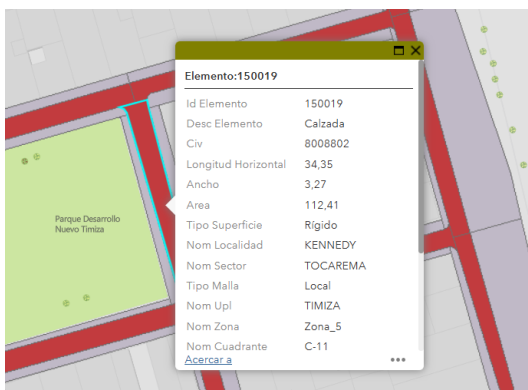


Ilustración 8. Ubicación Segmento vial 8008802. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

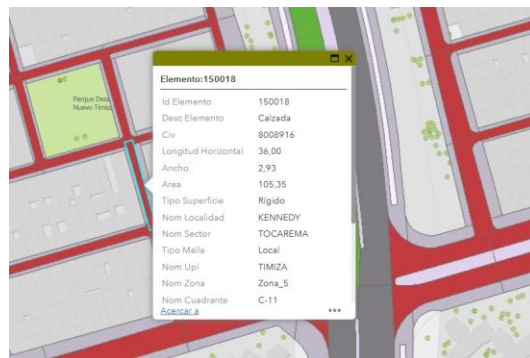


Ilustración 9. Ubicación Segmento vial 8008916. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

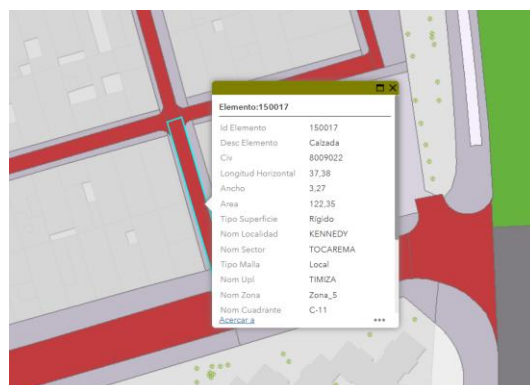


Ilustración 10. Ubicación Segmento vial 8009022. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

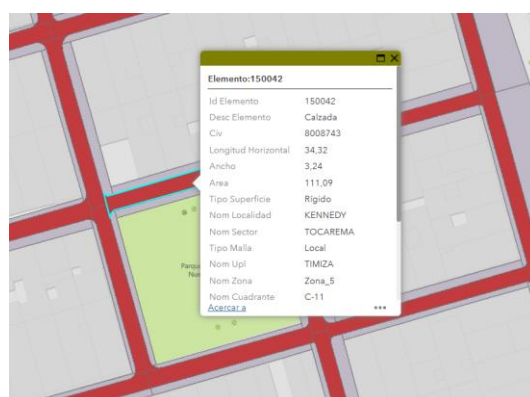


Ilustración 11. Ubicación Segmento vial 8008743. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8009022	CL 43A S	KR 78	KR 78A	RECONSTRUCCIÓN
8008916	CL 43A S	KR 78A	KR 78B	RECONSTRUCCIÓN
8008802	CL 43A S	KR 78B	KR 78C	RECONSTRUCCIÓN
8008713	KR 78C	CL 43BIS S	CL 43A S	RECONSTRUCCIÓN
8008801	KR 78B	CL 43BIS S	CL 43A S	RECONSTRUCCIÓN
8008842	KR 78B	CL 43A S	CL 44 S	RECONSTRUCCIÓN
8008888	KR 78B	CL 44 S	CL 45 S	RECONSTRUCCIÓN
8008792	KR 78C	CL 44 S	CL 45 S	RECONSTRUCCIÓN
8008743	KR 78C	CL 43A S	CL 44 S	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009022 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008916 (Fuente: Propia)



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008802 (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008713 (Fuente: Propia)



Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008801 (Fuente: Propia)



Tabla 8. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008842 (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



Tabla 9. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008888 (Fuente: Propia)

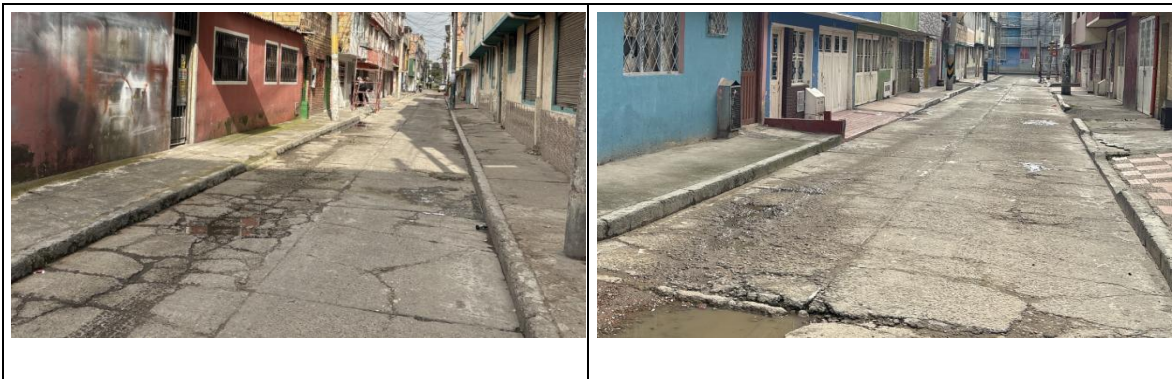


Tabla 10. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008792 (Fuente: Propia)



Tabla 11. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008743 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla Local, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T1-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000 para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 12. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 50 diarios definido para la categoría T1-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías locales no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

tal motivo, el empleo de la categoría T1-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial local y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

Adicionalmente, la categoría T1-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías locales se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T1-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla local, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Con base en la información obtenida se determina que una categoría T1-1 de acuerdo a categoría IDU, por lo cual, será usado el tráfico obtenido de la proyección que corresponde a 2.345.000 Ejes equivalentes.

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8009022	CL 43A S	KR 78	KR 78A	LOCAL	615.000	2.345.000
8008916	CL 43A S	KR 78A	KR 78B	LOCAL	615.000	2.345.000
8008802	CL 43A S	KR 78B	KR 78C	LOCAL	615.000	2.345.000
8008713	KR 78C	CL 43BIS S	CL 43A S	LOCAL	615.000	2.345.000
8008801	KR 78B	CL 43BIS S	CL 43A S	LOCAL	615.000	2.345.000
8008842	KR 78B	CL 43A S	CL 44 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8008888	KR 78B	CL 44 S	CL 45 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8008792	KR 78C	CL 44 S	CL 45 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8008743	KR 78C	CL 43A S	CL 44 S	LOCAL	615.000	2.345.000

Tabla 13. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 2.345.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 2.345.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	113.280
Eje simple	60 kN	226.560
Eje simple	70 kN	283.199
Eje simple	80 kN	283.199
Eje simple	90 kN	169.920
Eje simple	100 kN	56.640
Eje tandem	100 kN (grupo)	72.087
Eje tandem	120 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	140 kN (grupo)	216.261
Eje tandem	160 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	180 kN (grupo)	72.087
Eje tridem	150 kN (grupo)	20.596
Eje tridem	180 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	210 kN (grupo)	61.789
Eje tridem	240 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	270 kN (grupo)	20.596

Tabla 14. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W18 \approx 2.345.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8009022	4°36'42"N 74°09'42"W
8008916	4°36'43"N 74°09'43"W
8008802	4°36'42"N 74°09'42"W
8008713	4°36'45"N 74°09'43"W
8008801	4°36'44"N 74°09'42"W
8008842	4°36'44"N 74°09'44"W

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV	COORDENADA APIQUE
8008888	4°36'43"N 74°09'45"W
8008792	4°36'44"N 74°09'46"W
8008743	4°36'45"N 74°09'44"W

Tabla 15. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

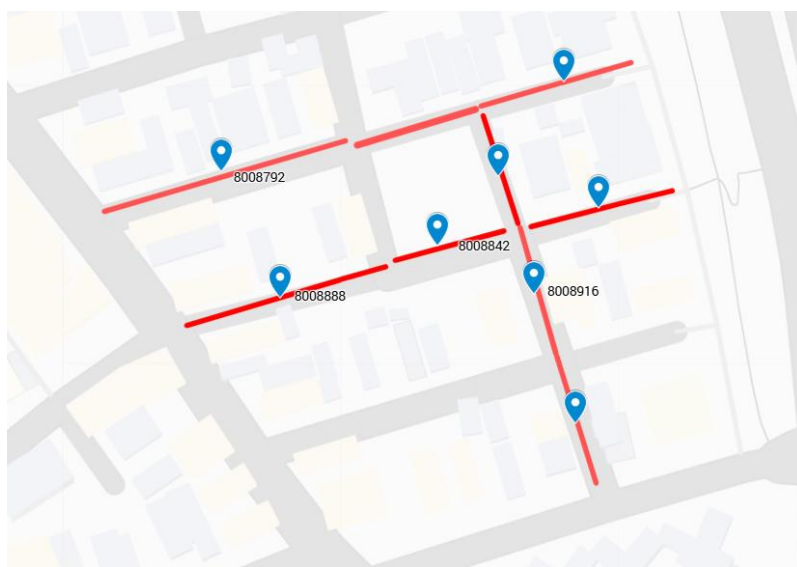


Ilustración 12. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

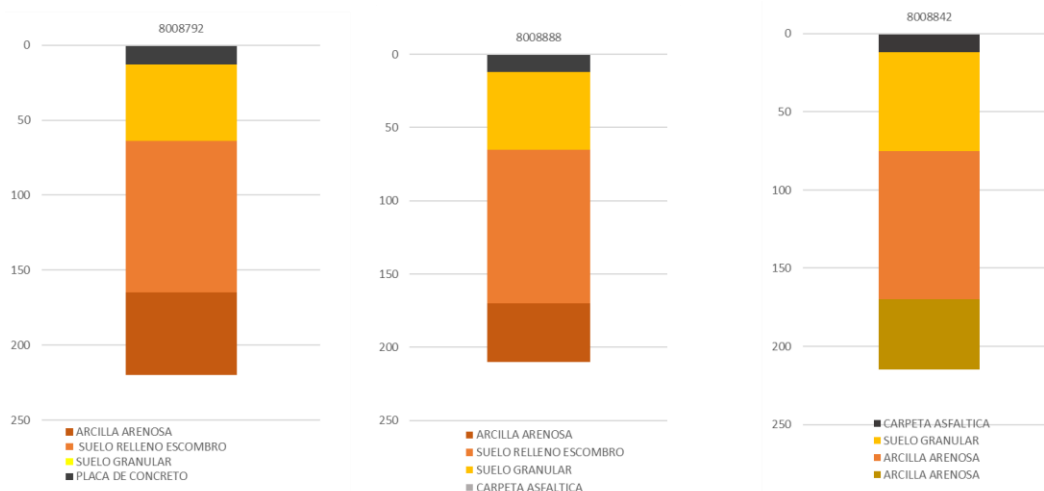


Ilustración 13. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

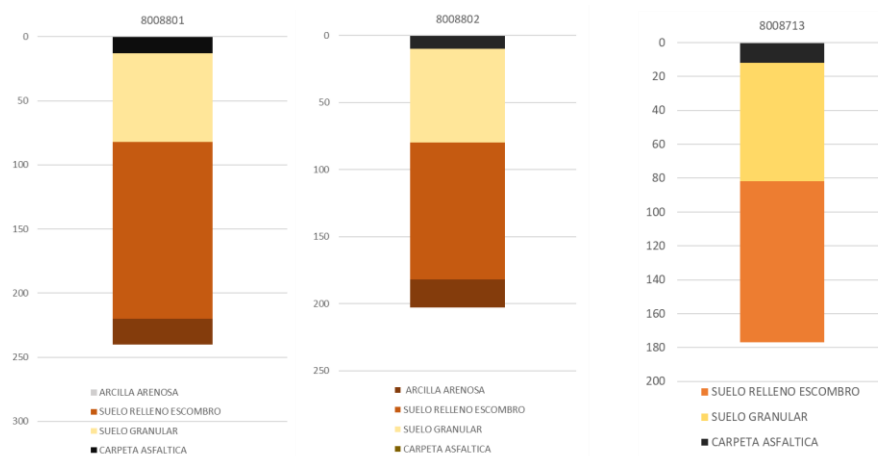


Ilustración 14. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia)

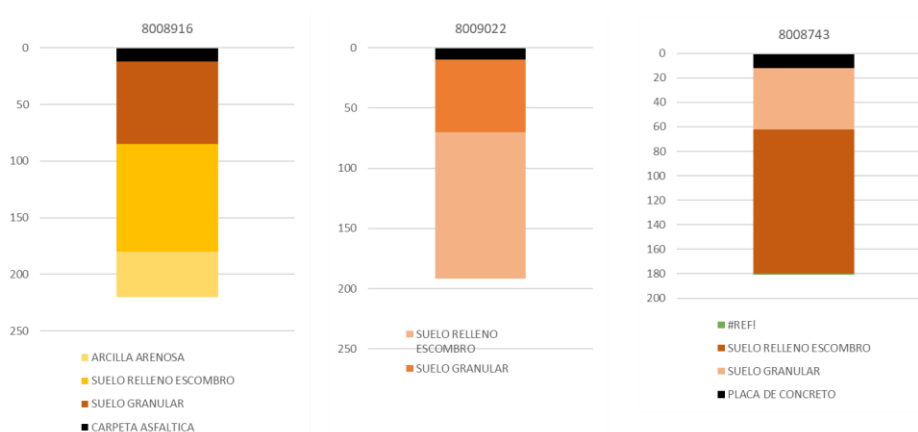


Ilustración 15. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia)

- En el CIV 8008792 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de placa de concreto de 13 cm, seguida de una capa de suelo granular de 51 cm, una capa de relleno con escombros de 101 cm y una capa de arcilla arenosa de 55 cm.
- En el CIV 8008888 se observó un perfil compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, una capa de suelo granular de 53 cm, una capa de relleno con escombros de 105 cm y una capa de arcilla arenosa de 40 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En el CIV 8008842 se identificó un perfil conformado por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, una capa de suelo granular de 63 cm y dos capas consecutivas de arcilla arenosa, de 95 cm y 45 cm, respectivamente.
- En el CIV 8008801 se observó un perfil compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 13 cm, una capa de suelo granular de 69 cm, una capa de relleno con escombros de 138 cm y una capa de arcilla arenosa de 20 cm.
- En el CIV 8008802 se identificó un perfil conformado por una capa de carpeta asfáltica de 10 cm, una capa de suelo granular de 70 cm, una capa de relleno con escombros de 102 cm y una capa de arcilla arenosa de 21 cm.
- En el CIV 8008713 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, una capa de suelo granular de 70 cm, una capa de relleno con escombros de 95 cm y una capa de arcilla arenosa de 21 cm.
- En el CIV 8008916 se identificó un perfil conformado por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, una capa de suelo granular de 73 cm, una capa de relleno con escombros de 95 cm y una capa de arcilla arenosa de 40 cm.
- En el CIV 8009022 se observó un perfil compuesto por una capa de placa de concreto de 10 cm, una capa de suelo granular de 60 cm y una capa de relleno con escombros de 122 cm.
- En el CIV 8008743 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de placa de concreto de 12 cm, una capa de suelo granular de 50 cm y una capa de relleno con escombros de 118 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	Profundidad desde (m)	Profundidad hasta (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido o Humedad (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LC	CBR-PDC (%)
8009022	0.1	0.7	GM	-	-	-	-	63.1	17.5	19.4	-	
	0.7	1.92	CL	33	16	17	16.24	2.9	26	71.1	12	3.5
8008916	0.12	0.85	GC	42	23	19	22.52	64	17.4	18.6	17	
	0.85	1.8	CL	34	17	17	17.37	2.9	26	71.1	13	7.1
	1.8	2.2	SC	34	16	18	16.1	14.1	36.3	47.6	12	
8008802	1.82	2.03	CL	32	16	16	15.78	13.1	34.2	52.7	13	2.9
8008713	1.77	1.98	CL	32	15	17	15.1	4	31.9	64.1	12	3.5
8008801	2.2	2.4	CL	33	17	16	17	7.3	32.1	60.6	13	4.8
8008842	0.75	1.7	CL	32	18	14	17.8	7.3	32.1	60.7	15	4.7
	1.7	2.15	CL	32	17	15	17.09	5	32	63	14	
8008888	1.7	2.1	CL	33	16	17	15.37	7	28.3	64.8	12	4.4
8008792	0.13	0.64	GM	-	-	-	-	51	31.4	17.6	-	9.5
	0.64	1.65	CL	33	18	15	17.72	4.9	31.9	63.2	14	
	1.65	2.2	CL	32	17	15	17.34	7.3	32.2	60.5	14	
8008743	0.12	0.62	GM	-	-	-	-	51.2	31.3	17.5	-	
	0.62	1.8	CL	33	16	17	15.9	5	31.7	63.3	12	20.5

Tabla 16. Resumen resultados laboratorio.

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8008792	8008888	8008842	8008801	8008802
Profundidad (m)	0,64 - 1,65	1,70 - 2,10	0,75 - 1,70	2,2 - 2,4	1,82 - 2,03
Clasificación U.S.C.S.	CL	CL	CL	CL	CL
Límite líquido (%)	33	33	32	33	32
Límite plástico (%)	18	16	18	17	16

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Característica	8008792	8008888	8008842	8008801	8008802
Índice de plasticidad	15	17	14	16	16
Humedad natural (%)	35,84	35,48	34,4	34,99	34,12
Gravas (%)	4,9	7	7,3	7,3	13,1
Arenas (%)	31,9	28,3	32,1	32,1	34,2
Finos (%)	63,2	64,8	60,7	60,6	52,7
Expansión CBR (%)	-	-	-	-	-
Límite de contracción	14	12	15	13	13

Tabla 17. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

Característica	8008713	8008916	8009022	8008743
Profundidad (m)	0,77 - 1,98	0,12 - 0,85	0,70 - 1,92	0,62 - 1,80
Clasificación U.S.C.S.	CL	GC	CL	CL
Límite líquido (%)	32	42	33	33
Límite plástico (%)	15	23	16	16
Índice de plasticidad	17	19	17	17
Humedad natural (%)	34,38	45,02	34,9	35,22
Gravas (%)	4	64	2,9	5
Arenas (%)	31,9	17,4	26	31,7
Finos (%)	64,1	18,6	71,1	63,3
Expansión CBR (%)	-	-	-	-
Límite de contracción	12	17	12	12

Tabla 18. Características físicas de la subrasante parte 2 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

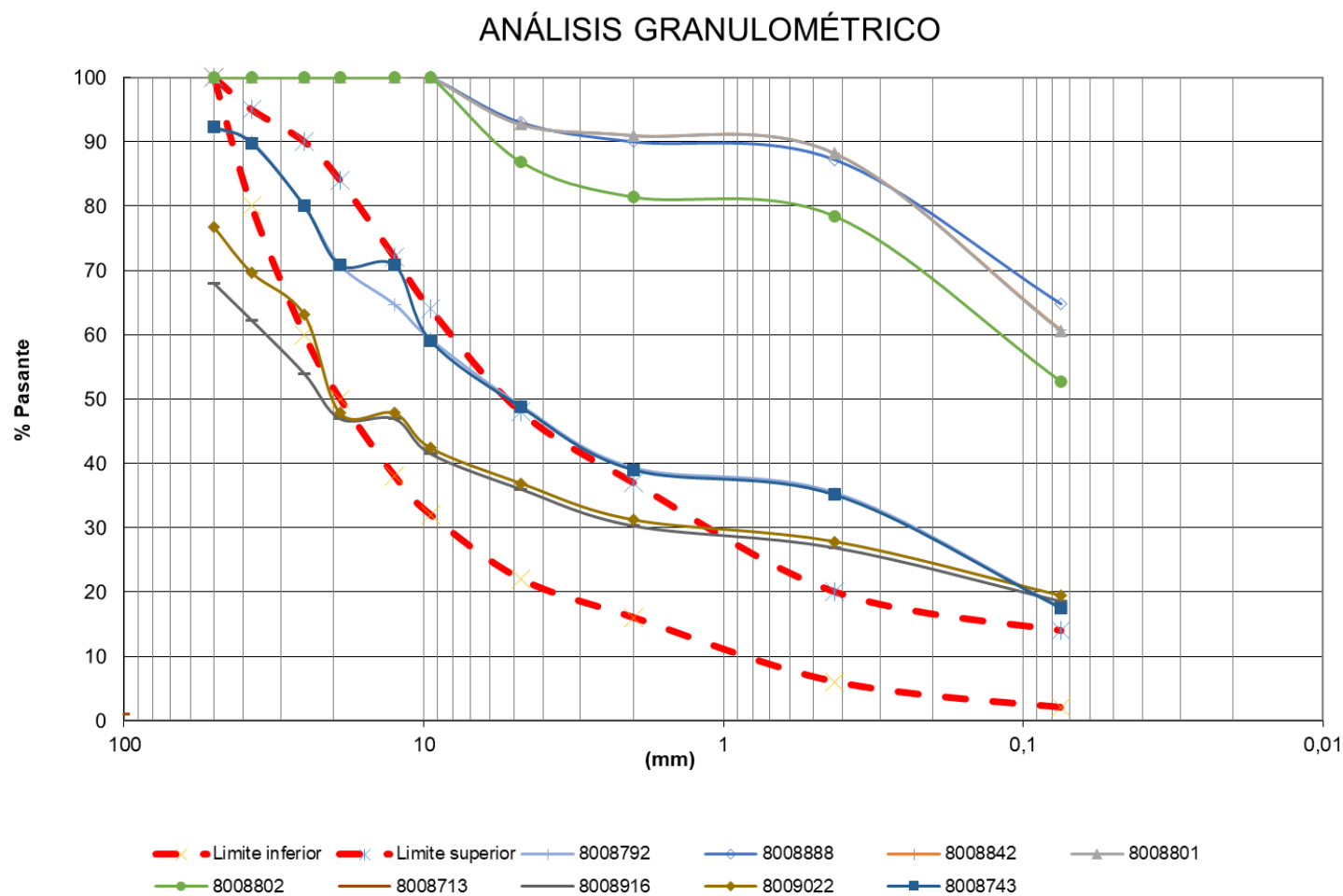


Ilustración 16. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8009022	CL 43A S	KR 78	KR 78A	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008916	CL 43A S	KR 78A	KR 78B	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008802	CL 43A S	KR 78B	KR 78C	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008713	KR 78C	CL 43BIS S	CL 43A S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008801	KR 78B	CL 43BIS S	CL 43A S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008842	KR 78B	CL 43A S	CL 44 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008888	KR 78B	CL 44 S	CL 45 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008792	KR 78C	CL 44 S	CL 45 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008743	KR 78C	CL 43A S	CL 44 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 19. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 20. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

CIV	PROFUNDIDAD (m)	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8008792	0,64 - 1,65	33	Bajo	14	Bajo	15	Medio	63,2	Muy alto
8008888	1,70 - 2,10	33	Bajo	12	Medio	17	Medio	64,8	Muy alto
8008842	0,75 - 1,70	32	Bajo	15	Bajo	14	Medio	60,7	Muy alto
8008801	2,2 - 2,4	33	Bajo	13	Medio	16	Medio	60,6	Muy alto
8008802	1,82 - 2,03	32	Bajo	13	Medio	16	Medio	52,7	Muy alto
8008713	0,77 - 1,98	32	Bajo	12	Medio	17	Medio	64,1	Muy alto
8008916	0,12 - 0,85	42	Medio	17	Bajo	19	Medio	18,6	Alto
8009022	0,70 - 1,92	33	Bajo	17	Bajo	17	Medio	71,1	Muy alto
8008743	0,62 - 1,80	33	Bajo	12	Medio	17	Medio	63,3	Muy alto

Tabla 21. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 17. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8008792	0,64 - 1,65	CL	33	18	15	35,84	63,2	14	Bajo	Bajo	Bajo
8008888	1,70 - 2,10	CL	33	16	17	35,48	64,8	12	Medio	Bajo	Bajo
8008842	0,75 - 1,70	CL	32	18	14	34,4	60,7	15	Bajo	Bajo	Bajo
8008801	2,2 - 2,4	CL	33	17	16	34,99	60,6	13	Medio	Bajo	Bajo
8008802	1,82 - 2,03	CL	32	16	16	34,12	52,7	13	Medio	Bajo	Bajo
8008713	0,77 - 1,98	CL	32	15	17	34,38	64,1	12	Medio	Bajo	Bajo
8008916	0,12 - 0,85	SC	42	23	19	45,02	18,6	17	Medio	Bajo	Medio
8009022	0,70 - 1,92	CL	33	16	17	34,9	71,1	12	Medio	Bajo	Bajo
8008743	0,62 - 1,80	CL	33	16	17	35,22	63,3	12	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 22. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

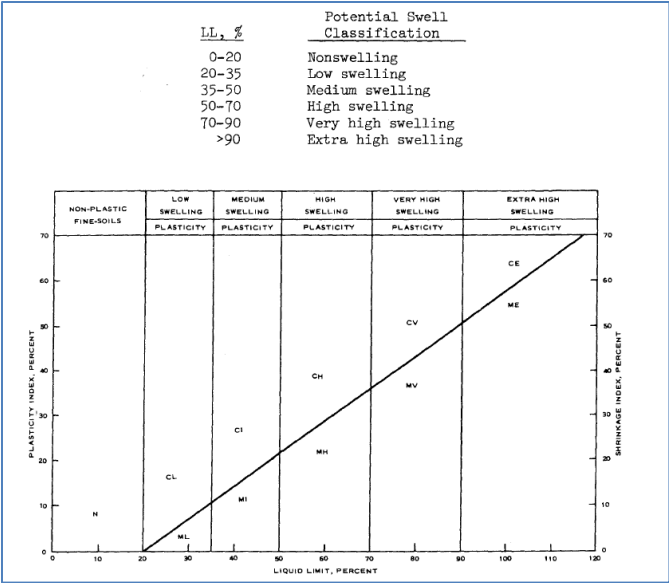


Ilustración 18. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

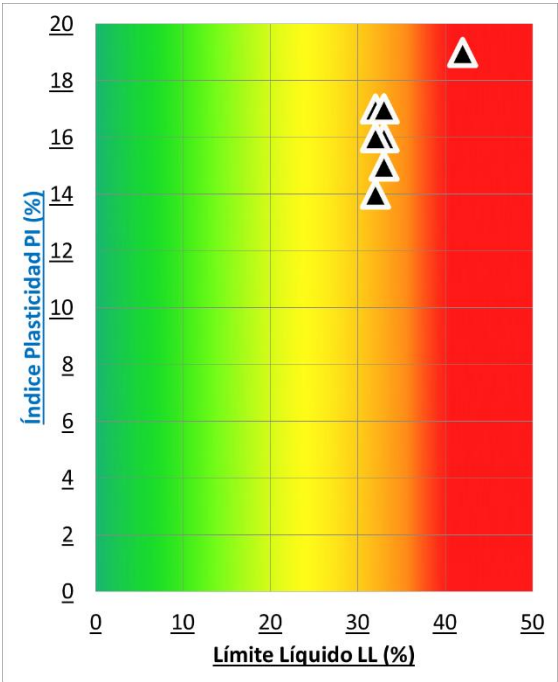


Ilustración 19. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumetrico	Categoría CVP
8008792	5,5	Crítica
8008888	5,1	Crítica
8008842	5,5	Crítica
8008801	5,1	Crítica
8008802	5,3	Crítica
8008713	5,5	Crítica
8008916	6,7	Muy crítica
8009022	5,1	Crítica
8008743	5,5	Crítica

Tabla 23. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 32 %

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y 42 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 15 % y 17 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra, del orden del 60 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus límite líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 34 % y 45 %, combinados con límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante, orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

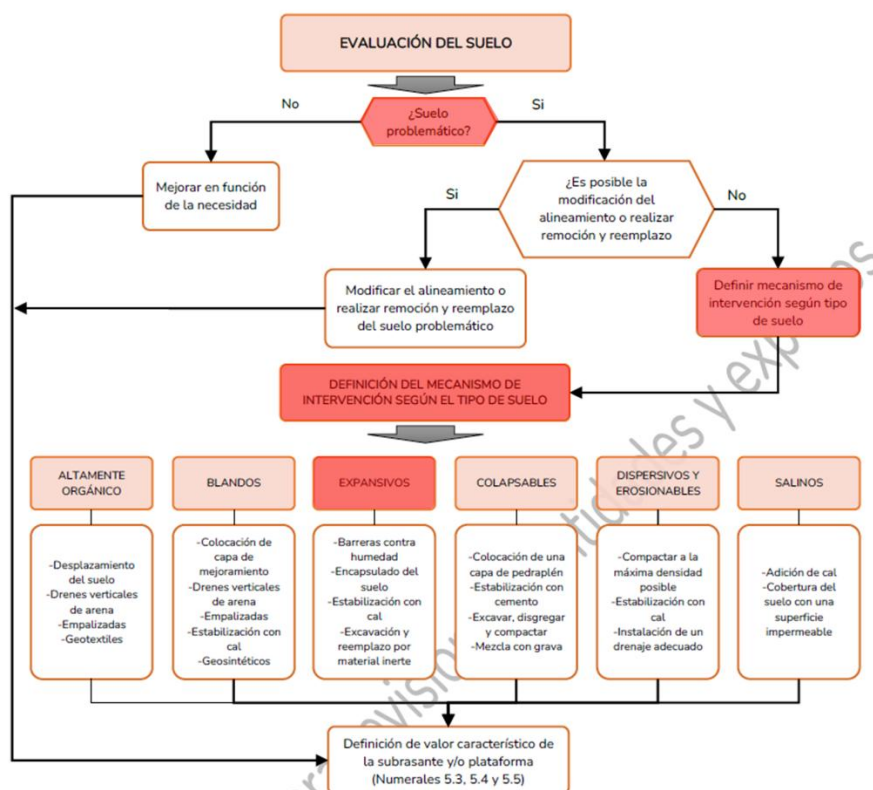


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 20. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,24 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

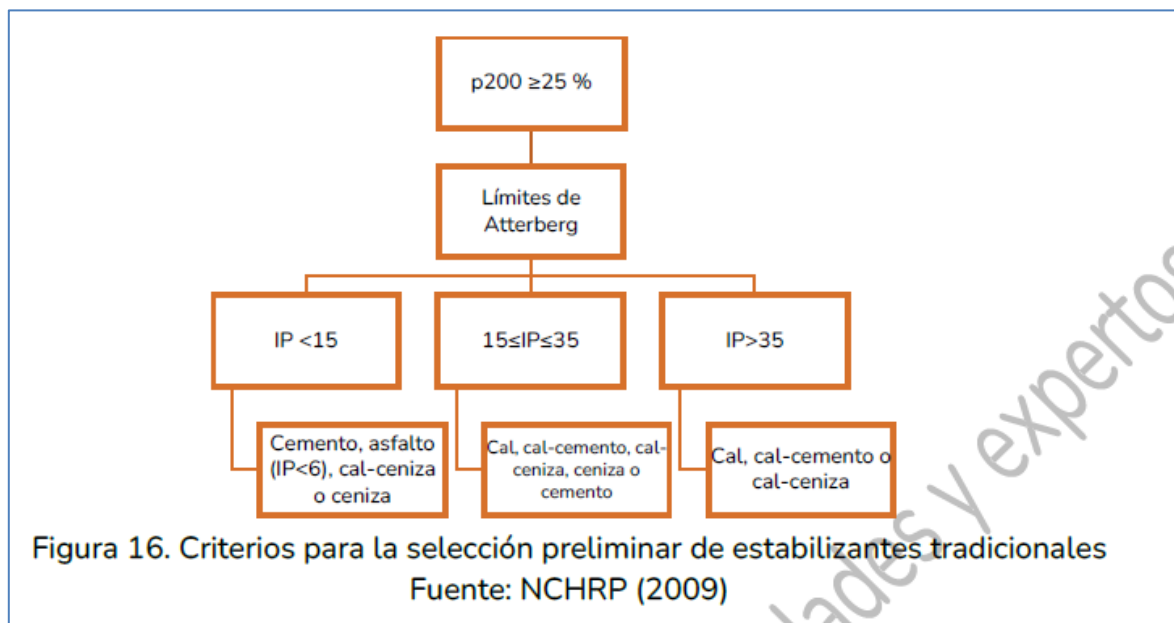


Ilustración 21. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.
 - Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atraviese el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

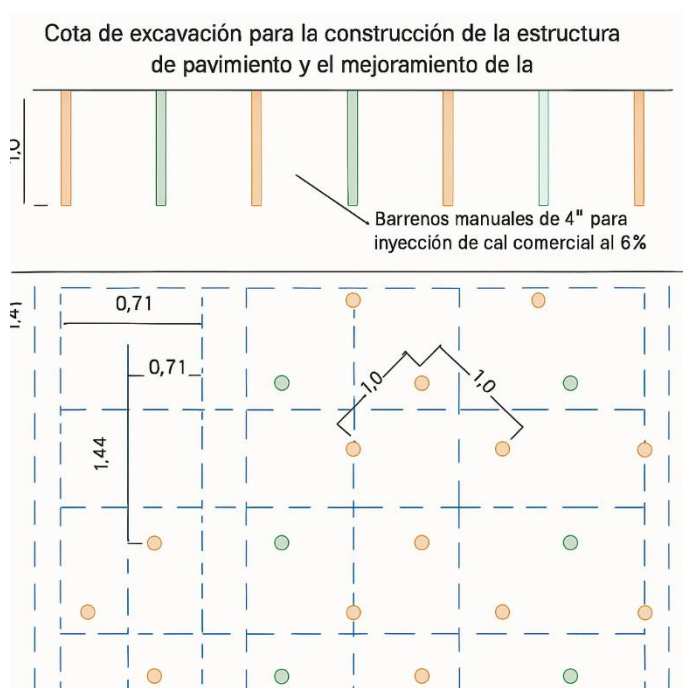


Ilustración 22. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

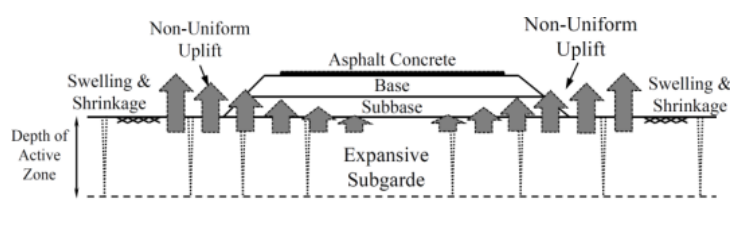


Ilustración 23. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

– Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apiqe muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

– Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 24. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

La geomalla que presenta mayor valor del parámetro de desempeño K_{SGC} corresponde a la geomalla TriAx (referencia TX-160/TX-5 o similar). Por lo que es la que se propone se use para el presente diseño de pavimento.

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR - PDC (%)
8008792	9,5
8008888	4,4
8008842	4,7
8008801	4,8
8008802	2,9
8008713	3,5
8008916	7,1
8009022	3,5
8008743	20,5
Promedio	6,77
Desviación estándar	5,55
Percentil 75	7,10

Tabla 24. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR (%)	MPa	Mr kg/cm2	PSI
7.1	53,25	543,00	7723,26

Tabla 25. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 26. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi.

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	5

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	7,10	543,00	7723,26
Subrasante mejorada con Geocelda	15,65	1565,24	22262,9

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 5 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

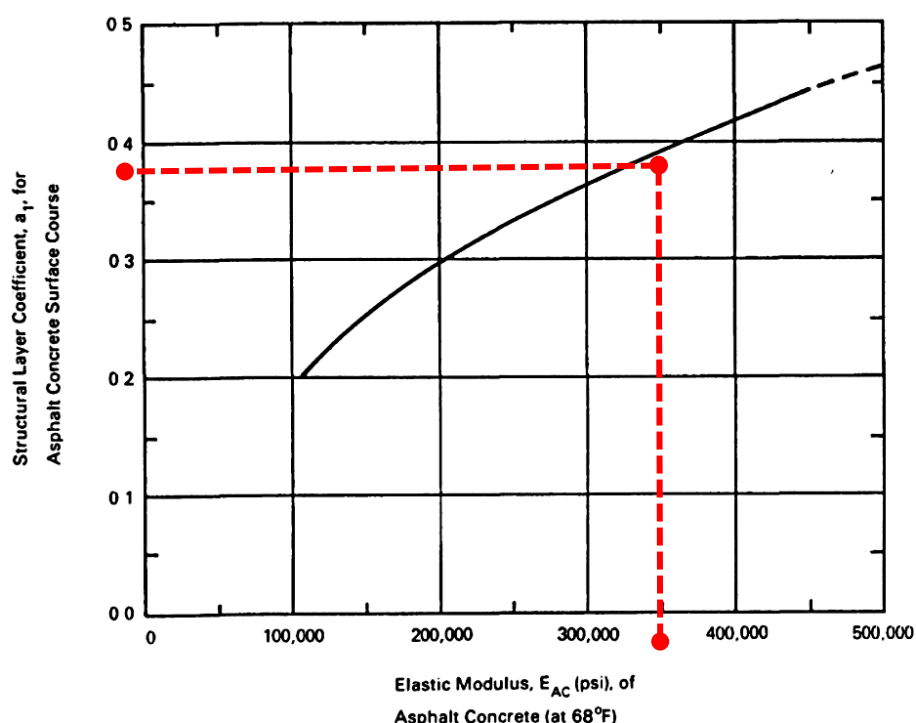


Ilustración 25. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r, \text{asfalto}) - 1.9547$$

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfaltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

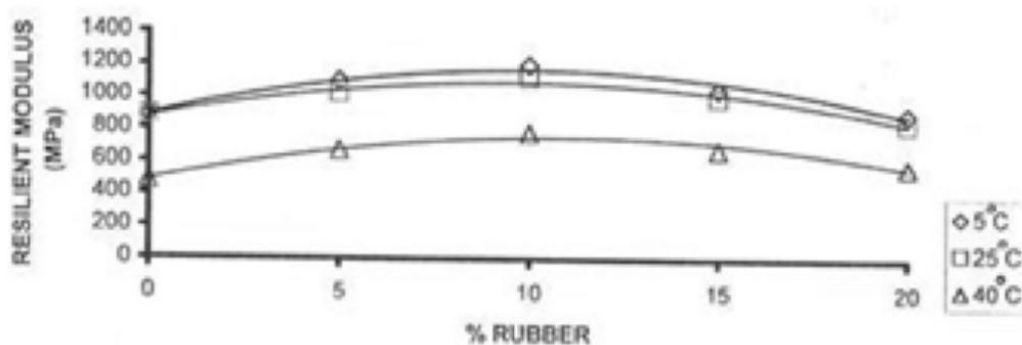


Ilustración 26. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

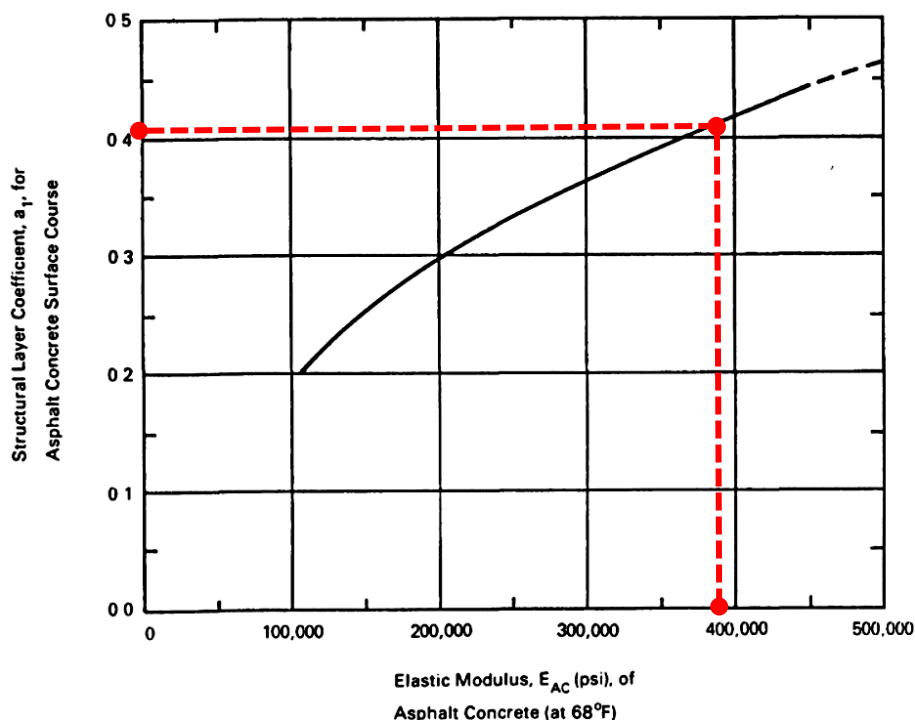


Ilustración 27. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. **Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)**

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

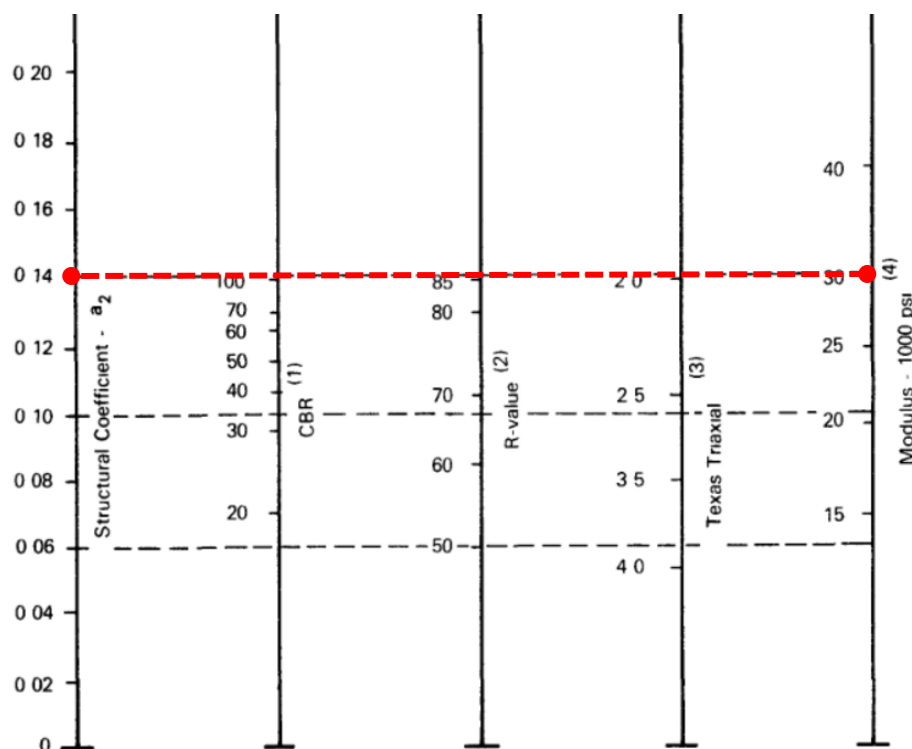


Ilustración 28. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 29. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 27. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

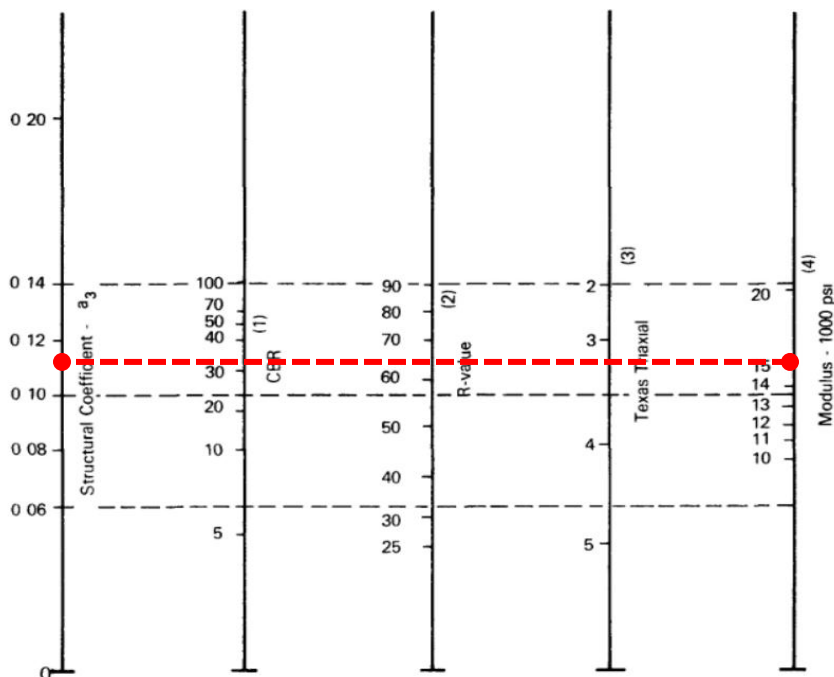


Ilustración 30. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 28. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots + \dots a_i m_i D_i$$

Dónde: a_i es el coeficiente estructural de la capa

m_i es el coeficiente de drenaje de la capa

D_i es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 31. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 32. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 33. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	615.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	1.7

Tabla 29. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPEJOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	15	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	22262.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			7723.2 PSI

Tabla 30. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR- SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	22262.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			7723.2 PSI

Tabla 31. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 3 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL			
COEFICIENTES DE CALAGE			
AUTOREPARACIÓN DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
		2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES	K2	CUALQUIERA	
DISTRIBUCIÓN LATERAL DE LAS CARGAS		2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DÍA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 34. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
4.42E-04	7.71E-04	6.13E-01

Tabla 32. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm2
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 33. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm2)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 34. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1 y 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1,67E-04	4.40E-04	4.23E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 35. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 3		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1,07E-04	4.08E-04	3.02E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 36. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 37. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h

Tabla 38. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

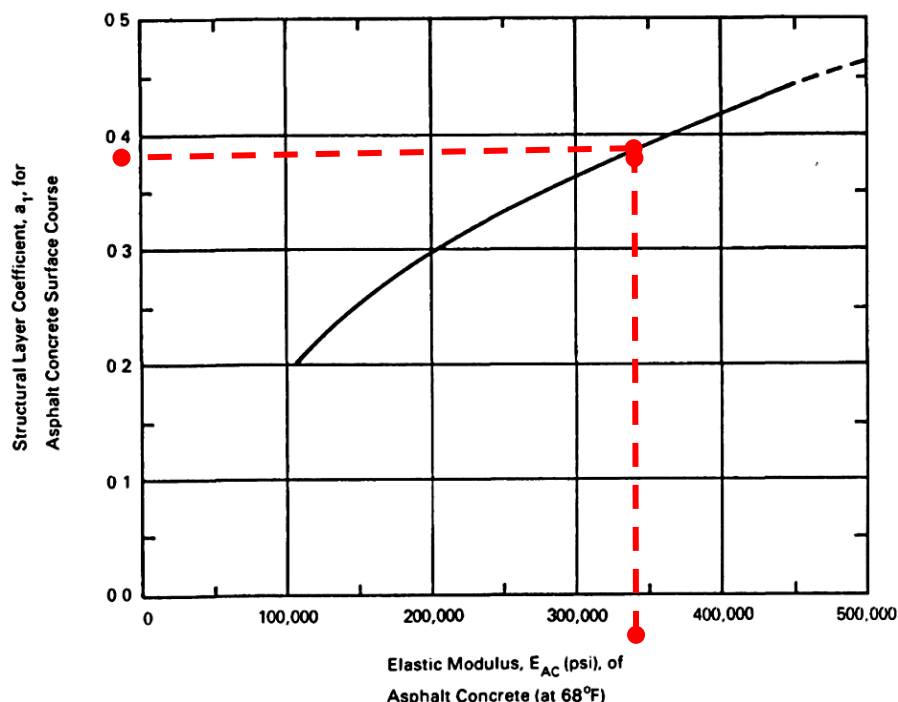


Ilustración 35. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

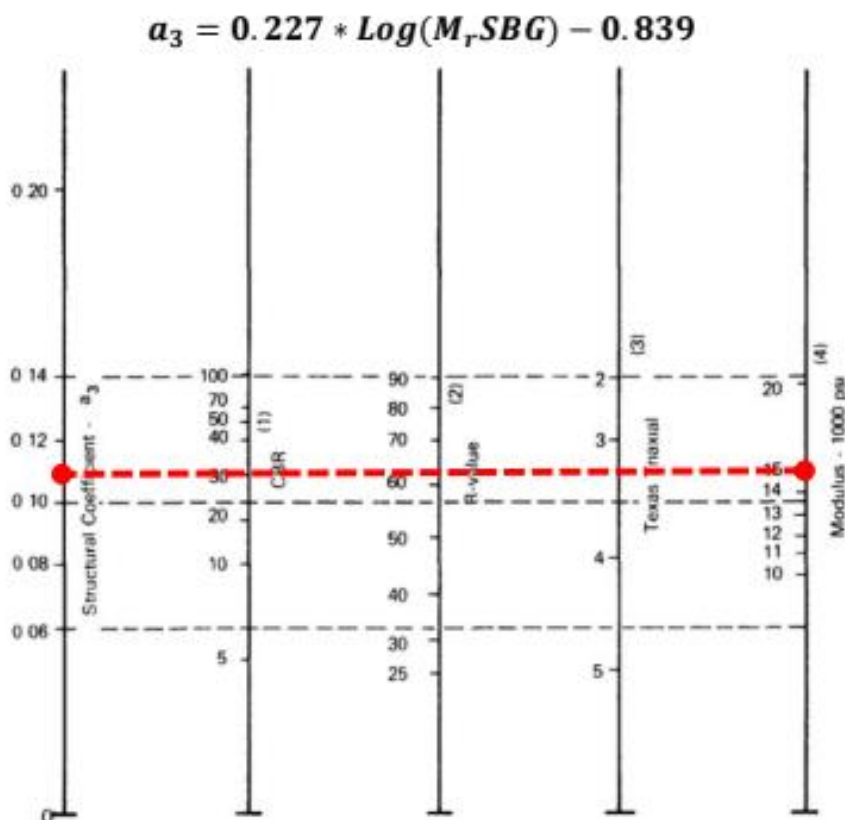


Ilustración 36. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 39. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

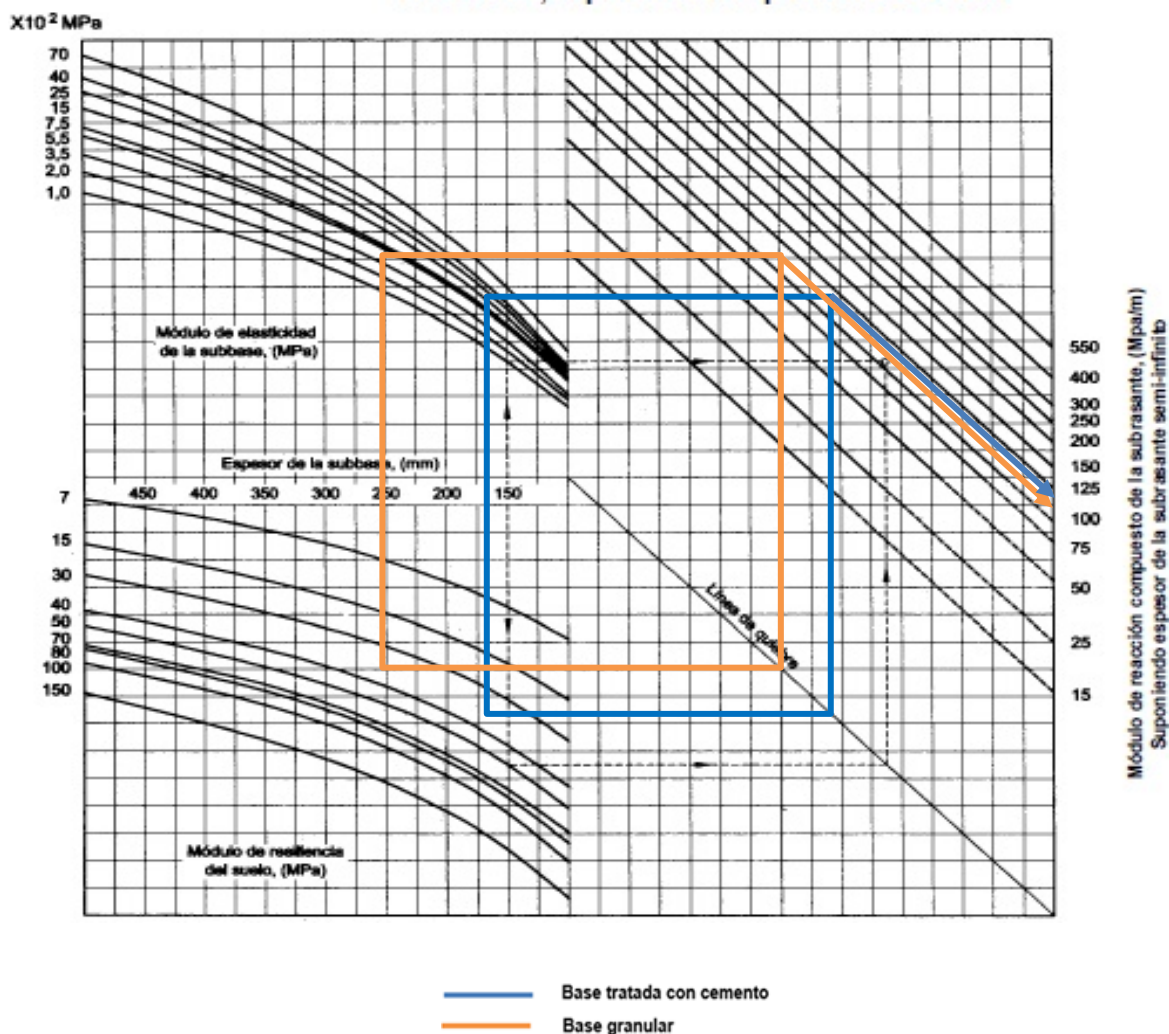


Ilustración 37. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

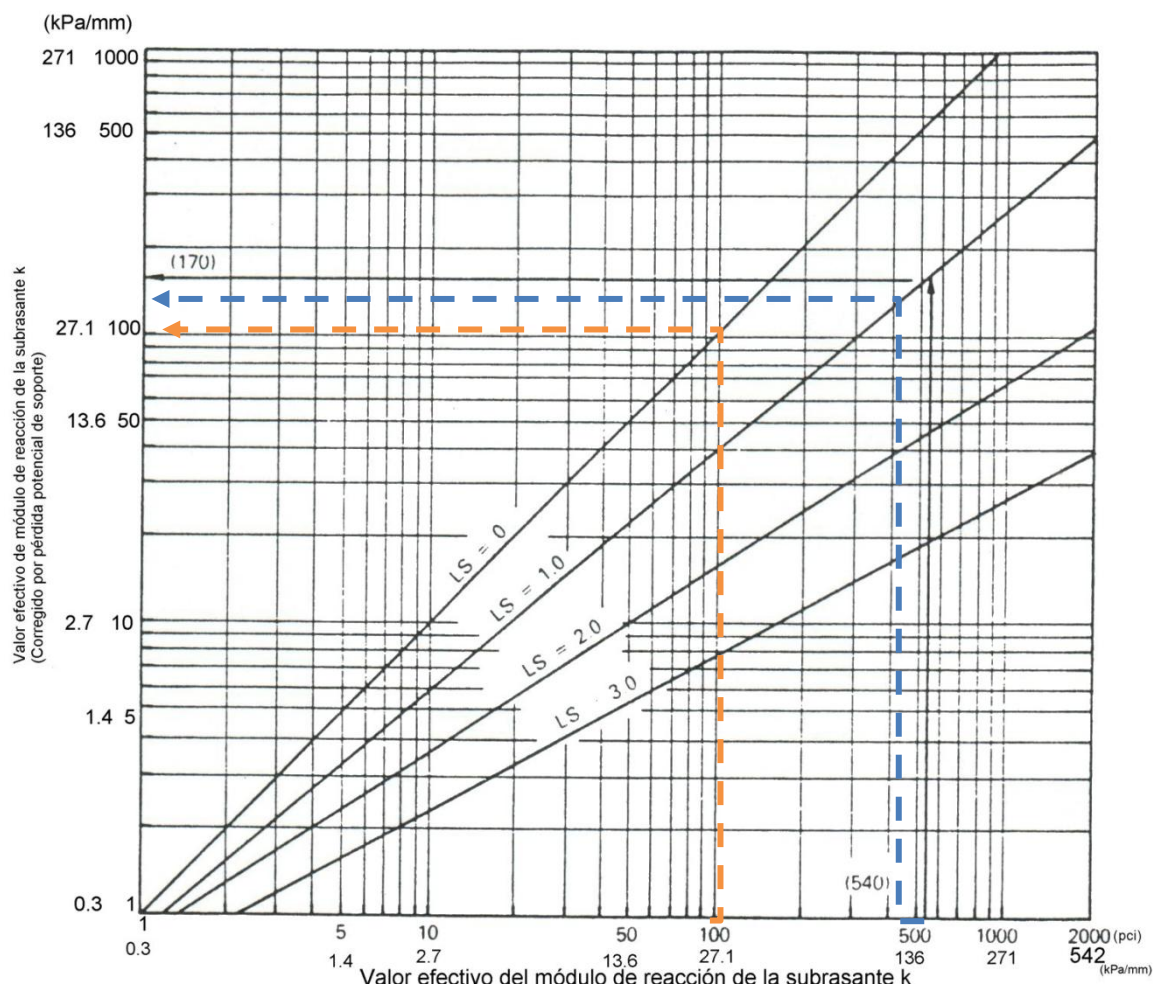


Ilustración 38. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO)

A partir de lo anterior y con el fin de brindar espesores de capa constructivos, se empleará una capa Subbase reciclada (AR-SBG).

CAPA	E (psi)	ESPESOR	k
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Estabilizada con cemento 5%	37000	16 cm	125 pci
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	15000	25 cm	115 pci

Tabla 40. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

Las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. Metodología PCA

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	2.345.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 41. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	6.15

Espeor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.5	MPa
K del conjunto :	65	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	14.25	
Porcentaje de erosión	11.06	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 39. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

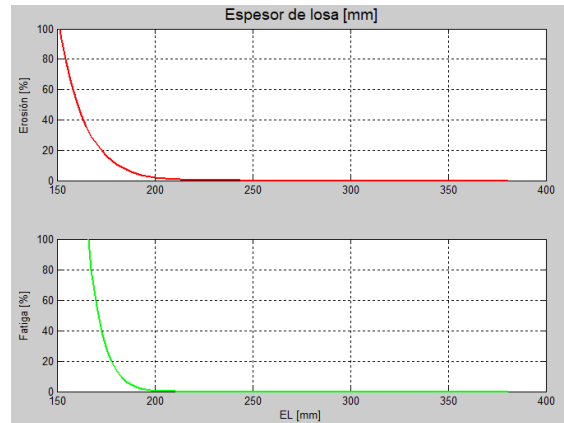


Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

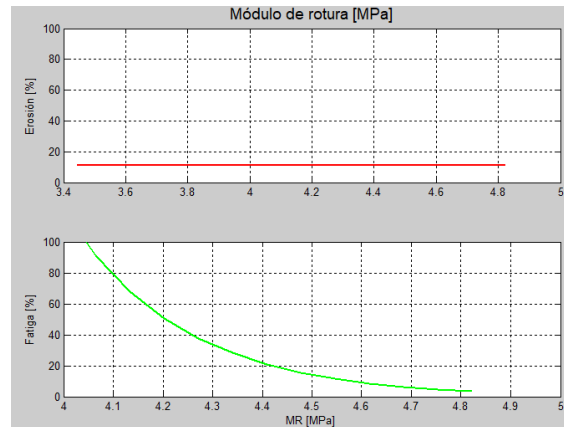


Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

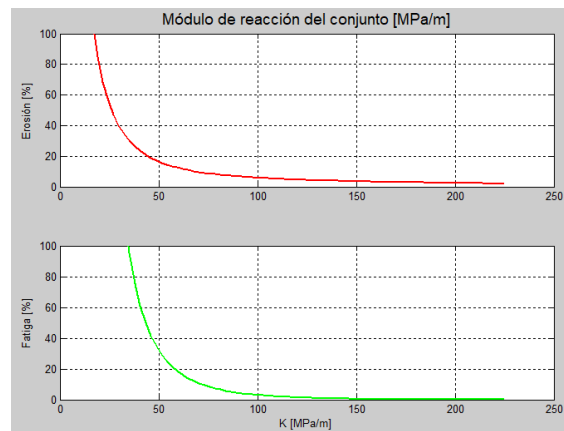


Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.5	MPa
K del conjunto :	58	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	20.03	
Porcentaje de erosión	13.05	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 43. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

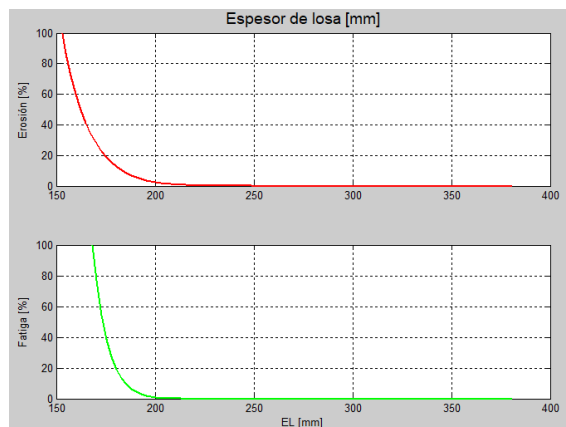


Ilustración 44. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

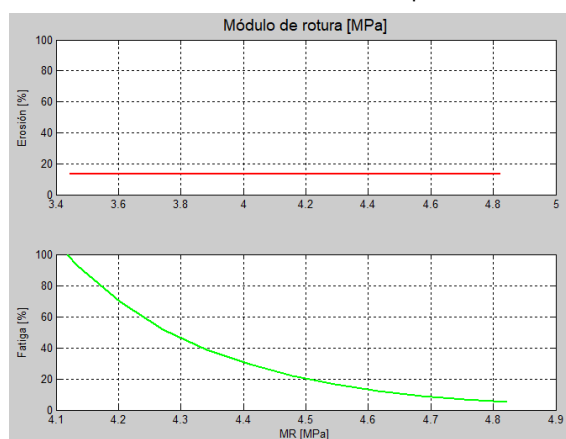


Ilustración 45. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

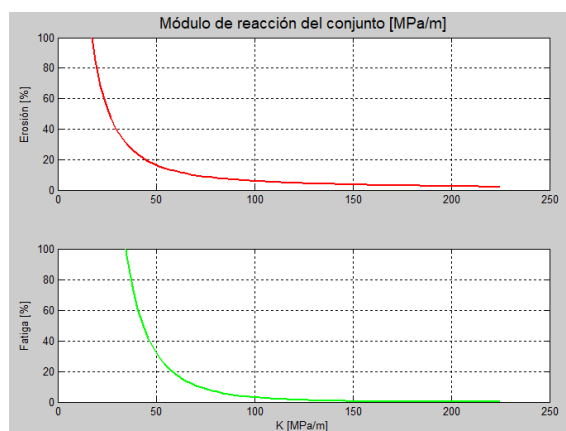


Ilustración 46. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	22262.9 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	7723.2 PSI	

Tabla 42. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	22262.9 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	7723.2 PSI	

Tabla 43. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.
- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95%

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 44. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 45. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. **Características Geométricas de la Losa**

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

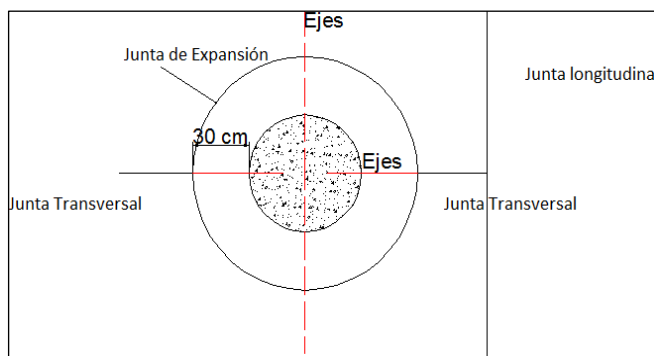


Ilustración 47. Junta en pozos

- Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

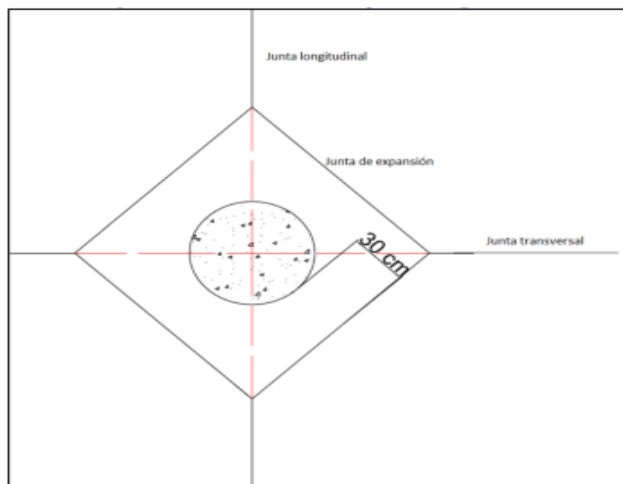


Ilustración 48. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

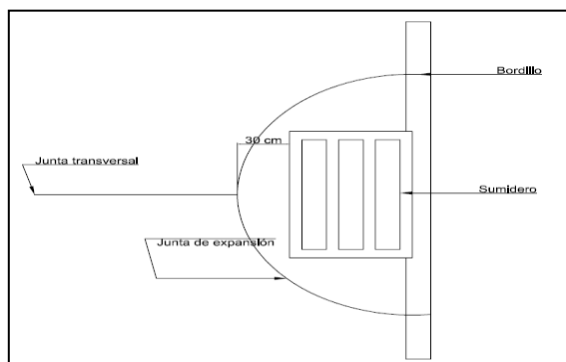


Ilustración 49. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	7/8"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

Tabla 46. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 47. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 48. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

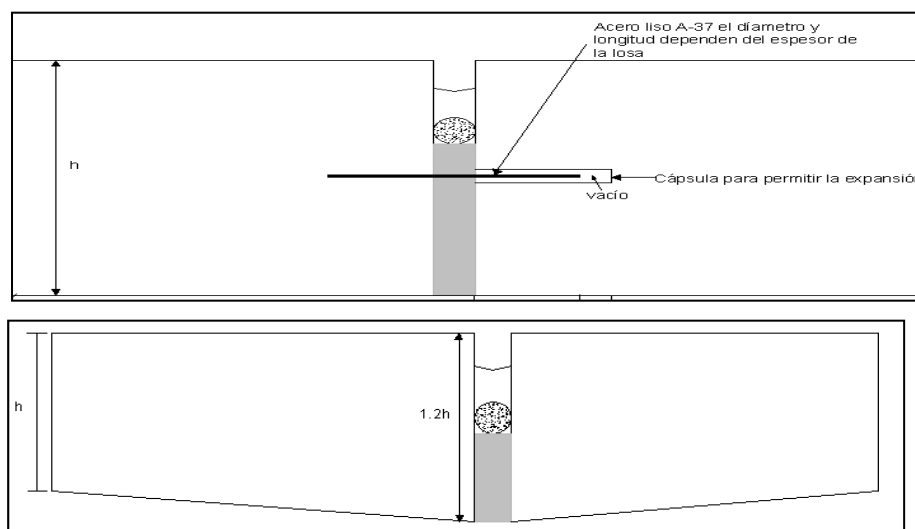


Ilustración50. Detalle Junta de expansión

7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.

- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición , relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Transporte:** la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.
- Extensión de la mezcla: la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.

- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisonos, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media–alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	7723.2 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			22262.9 PSI

Tabla 49. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.

- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.
- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.
- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.
- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 50. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

Cemento (5% en peso):

Cemento = $0.05 \times 2052 \text{ kg} = 102.6 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^3$

Aditivo líquido lónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo líquido lónico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0002-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 Y 8008743.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 Y 8008743, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para nueve (9) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009022	CL 43A S	KR 78	KR 78A
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008916	CL 43A S	KR 78A	KR 78B
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008802	CL 43A S	KR 78B	KR 78C

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008713	KR 78C	CL 43BIS S	CL 43A S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008801	KR 78B	CL 43BIS S	CL 43A S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008842	KR 78B	CL 43A S	CL 44 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008888	KR 78B	CL 44 S	CL 45 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008792	KR 78C	CL 44 S	CL 45 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008743	KR 78C	CL 43A S	CL 44 S

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de vía, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 Y 8008743”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia $\geq$ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	7723.2 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			22262.9 PSI

Julián Alberto Barriga
Ingeniero civil
Esp. Pavimentos

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8009022, 8008916, 8008802, 8008713, 8008801, 8008842, 8008888, 8008792 Y 8008743.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S
8006810,8006953, 8006945, 8007237 Y 8008350**

BOGOTÁ D.C., ENERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. GENERALIDADES	12
2.1 Metodología	12
2.2 Normatividad Consultada	13
2.3 Condiciones Climáticas	13
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales	15
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI	18
4. TRÁNSITO DE DISEÑO	21
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	24
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	27
5.1 Estratigrafía	29
5.2 Nivel freático	31
5.3 Ensayos de caracterización física	31
5.4 Análisis de potencial de expansión	34
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	39
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	40
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	47
5.6. Mejoramiento de la subrasante	49
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE	51
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	51
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)	52

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	53
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	56
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	58
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	65
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	67
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	68
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	71
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	71
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	73
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	76
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	76
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	80
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	80
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	81
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	82

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

83

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	90
7.3. Metodología PCA.....	95
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido.....	100
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda.....	100
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda .	101
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	102
7.6. Características Geométricas de la Losa	106
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	106
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	108
7.9. Juntas de Transferencia.....	108
7.10. Juntas de Expansión	109
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	109
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	111
8.1. Equipos para los materiales granulares	112
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	116
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	118
9. CONCLUSIONES.....	120
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	122

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	16
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	19
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006810 (Fuente: Propia)	19
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006953 (Fuente: Propia)	19
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006945 (Fuente: Propia)	20
Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007237 (Fuente: Propia)	20
Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008350 (Fuente: Propia)	20
Tabla 8. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013).....	22
Tabla 9. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia).....	24
Tabla 10. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	26
Tabla 11. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	27
Tabla 12. Resumen resultados laboratorios.....	31
Tabla 13. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio).....	32
Tabla 14. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	34
Tabla 15. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	35
Tabla 16. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia) 35	
Tabla 17. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	35
Tabla 18. Potencial de cambio volumétrico Lambe	37
Tabla 19. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	48
Tabla 20. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	48
Tabla 21. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	49
Tabla 22. Propiedades mecánicas de los materiales	60
Tabla 23. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)67	
Tabla 24. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	70

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 25. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia).....	72
Tabla 26. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	73
Tabla 27. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93).....	75
Tabla 28. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia).....	75
Tabla 29. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93). 75	
Tabla 30. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	76
Tabla 31. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	76
Tabla 32. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	79
Tabla 33. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	80
Tabla 34. Propiedades mecánicas de los materiales	86
Tabla 35. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	93
Tabla 36. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	95
Tabla 37. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	100
Tabla 38. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	101
Tabla 39. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	105
Tabla 40. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	106
Tabla 41. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 42. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108
Tabla 43. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108
Tabla 44. Alternativa recomendada Fuente Propia.	122
Tabla 45. Espesor de GCR.....	124

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER).....	14
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	16
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8007237. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	16
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8006945. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8006953. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8006810. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8008350. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 8. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	28
Ilustración 9. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	29
Ilustración 10. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia).....	30
Ilustración 11. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia).....	30
Ilustración 12. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	33
Ilustración 13. Criterio 2, análisis de expansión.	35
Ilustración 14. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	36
Ilustración 15. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	36
Ilustración 16. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	39
Ilustración 17. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	40
Ilustración 18. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	42

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 19. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	44
Ilustración 20. Geostintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	47
Ilustración 21. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)	53
Ilustración 22. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	55
Ilustración 23. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	55
Ilustración 24. Gráfica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	57
Ilustración 25. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	58
Ilustración 26. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	66
Ilustración 27. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)	68
Ilustración 28. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	69
Ilustración 29. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	70
Ilustración 30. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	74
Ilustración 31. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) ..	82
Ilustración 32. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) ..	83
Ilustración 33. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	92
Ilustración 34. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	93
Ilustración 35. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	96
Ilustración 36. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	97
Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	97
Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	97

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

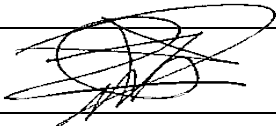
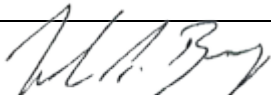
Ilustración 39. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	98
Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	99
Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	99
Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	99
Ilustración 43. Junta en pozos	106
Ilustración 49. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	107
Ilustración 45. Junta en Sumideros	107
Ilustración 46. Detalle Junta de expansión	109

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	12/02/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8006810, 8006953, 8006945, 8007237 y 8008350 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

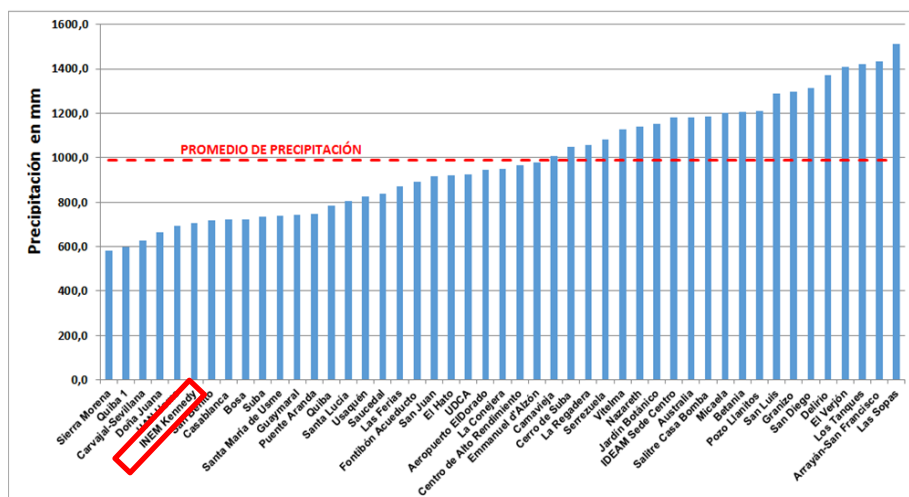
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



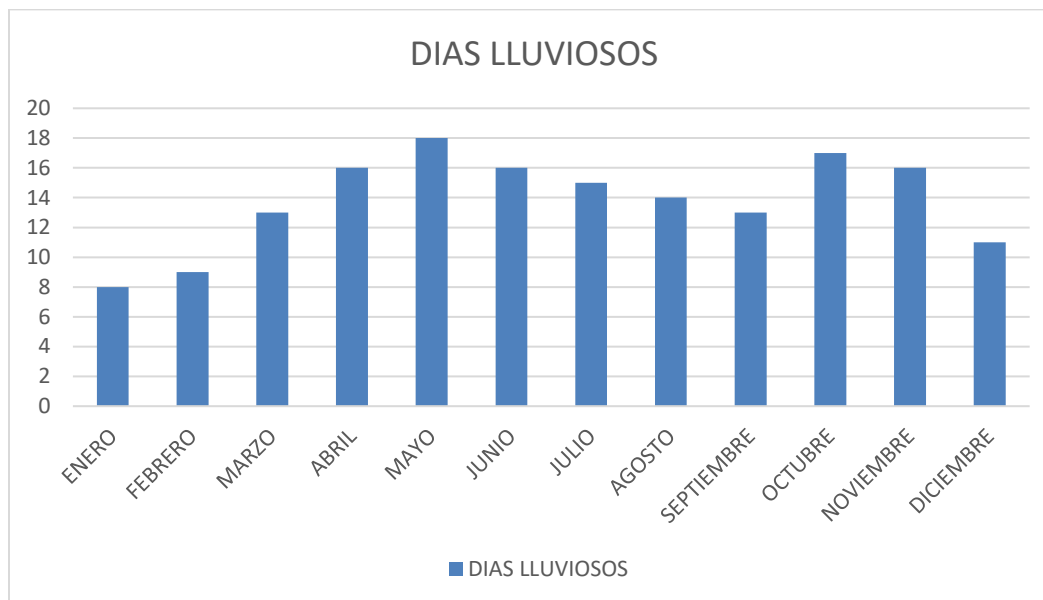
	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

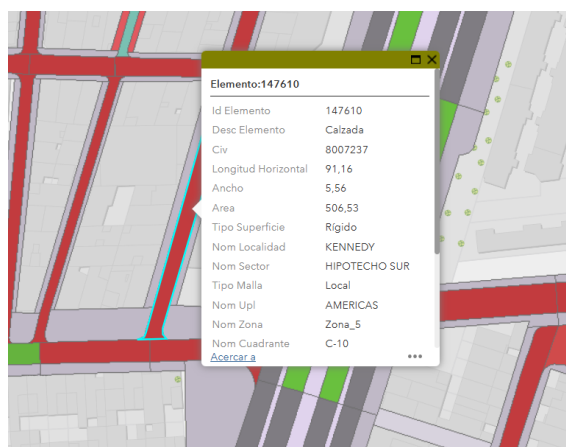
$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en el sector AMERICAS de la UPL ZONA 5 y se catalogan como malla vial local. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8007237	KR 68BIS	CL 4 S	CL 8 S	506,85
8006945	KR 68ABIS	CL 1 S	CL 3 S	373,82
8006953	KR 68C	CL 2 S	CL 3 S	497,62
8006810	CL 2 S	KR 68C	KR 68D	209,09
8008350	KR 69A	CL 24 S	CL 25 S	1158,18



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

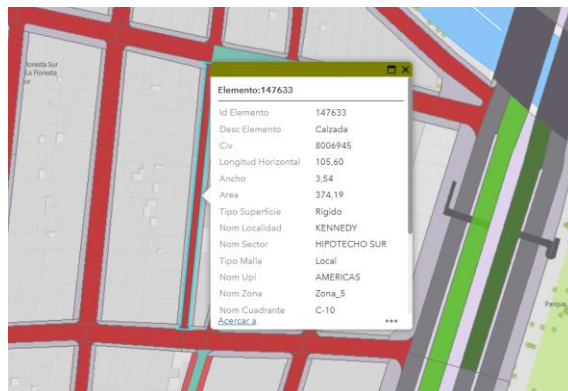


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8006945. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

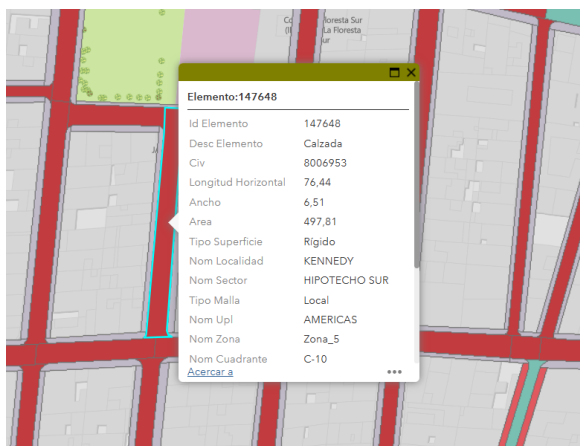


Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8006953. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

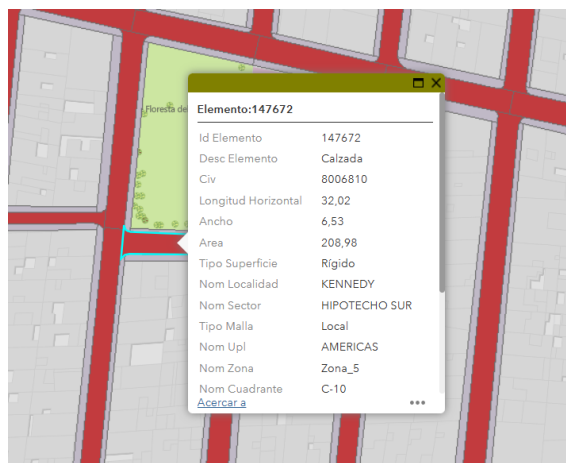


Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8006810. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

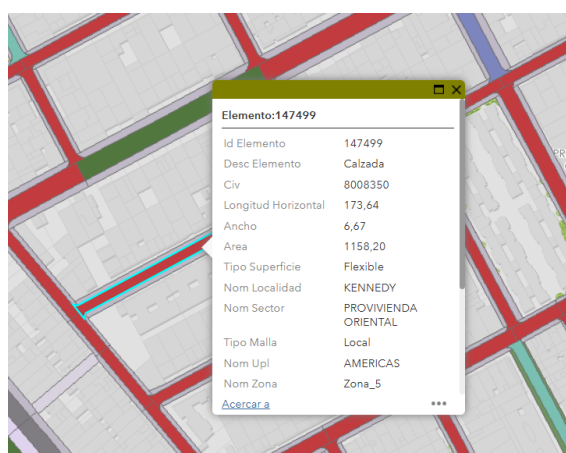


Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8008350. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8007237	KR 68BIS	CL 4 S	CL 8 S	RECONSTRUCCIÓN
8006945	KR 68ABIS	CL 1 S	CL 3 S	RECONSTRUCCIÓN
8006953	KR 68C	CL 2 S	CL 3 S	RECONSTRUCCIÓN
8006810	CL 2 S	KR 68C	KR 68D	RECONSTRUCCIÓN
8008350	KR 69A	CL 24 S	CL 25 S	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnóstico (Fuente: Propia)



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006810 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006953 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006945 (Fuente: Propia)



Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007237 (Fuente: Propia)



Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008350 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla Local, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T1-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000 para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 8. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 50 diarios definido para la categoría T1-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías locales no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

tal motivo, el empleo de la categoría T1-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial local y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

Adicionalmente, la categoría T1-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías locales se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T1-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla local, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Con base en la información obtenida se determina que una categoría T1-1 de acuerdo a categoría IDU, por lo cual, será usado el tráfico obtenido de la proyección que corresponde a 2.345.000 Ejes equivalentes.

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8007237	KR 68BIS	CL 4 S	CL 8 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8006945	KR 68ABIS	CL 1 S	CL 3 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8006953	KR 68C	CL 2 S	CL 3 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8006810	CL 2 S	KR 68C	KR 68D	LOCAL	615.000	2.345.000
8008350	KR 69A	CL 24 S	CL 25 S	LOCAL	615.000	2.345.000

Tabla 9. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 2.345.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 2.345.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	113.280
Eje simple	60 kN	226.560
Eje simple	70 kN	283.199
Eje simple	80 kN	283.199
Eje simple	90 kN	169.920

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Eje simple	100 kN	56.640
Eje tandem	100 kN (grupo)	72.087
Eje tandem	120 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	140 kN (grupo)	216.261
Eje tandem	160 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	180 kN (grupo)	72.087
Eje tridem	150 kN (grupo)	20.596
Eje tridem	180 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	210 kN (grupo)	61.789
Eje tridem	240 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	270 kN (grupo)	20.596

Tabla 10. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W_{18} \approx 2.345.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8007237	4°37'07"N 74°07'35"W
8006945	4°37'13"N 74°07'36"W
8006953	4°37'12"N 74°07'40"W
8006810	4°37'13"N 74°07'40"W
8008350	4°36'51"N 74°08'01"W

Tabla 11. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

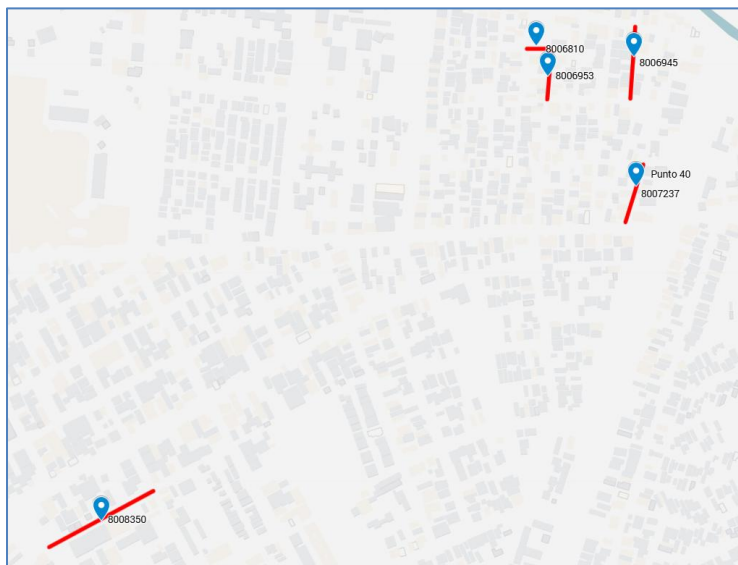


Ilustración 8. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

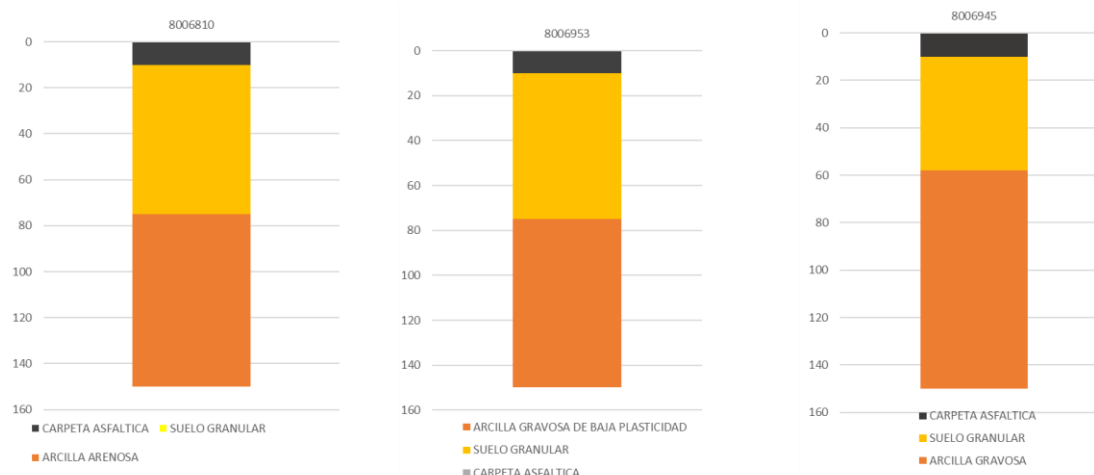


Ilustración 9. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

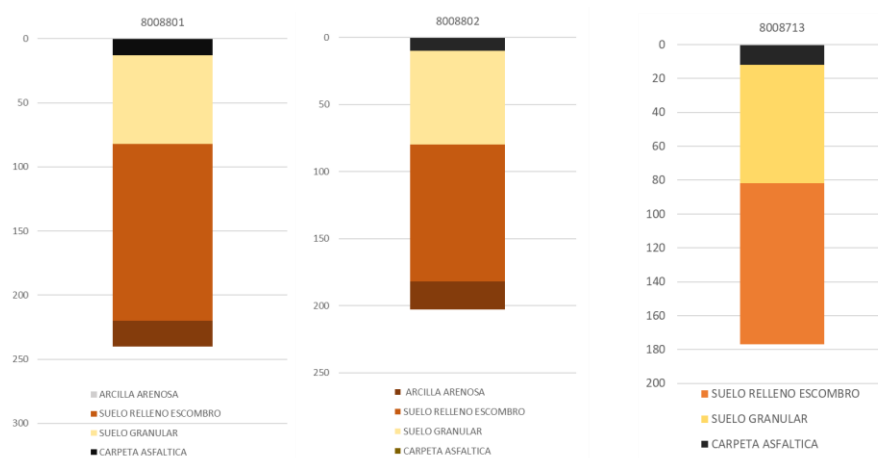


Ilustración 10. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia)

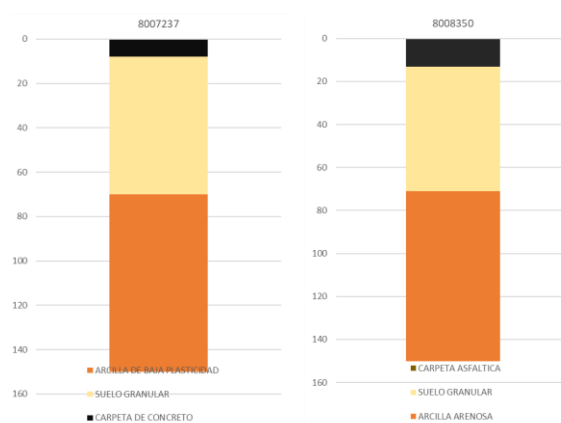


Ilustración 11. Perfiles Estratigráficos parte 3 (Fuente: Propia)

- En el apique 8006810 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta asfáltica de 10 cm, seguida de una capa de suelo granular de 65 cm y una capa de arcilla arenosa de 75 cm.
- En el apique 8006953 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 10 cm, una capa de suelo granular de 65 cm y una capa de arcilla gravosa de baja plasticidad de 75 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En el apique 8006945 se identificó un perfil estratigráfico constituido por una capa de carpeta asfáltica de 10 cm, una capa de suelo granular de 48 cm y una capa de arcilla gravosa de 92 cm.
- En el apique 8007237 se observó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta de concreto de 8 cm, seguida de una capa de suelo granular de 62 cm y una capa de arcilla de baja plasticidad de 80 cm.
- En el apique 8008350 se identificó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 13 cm, una capa de suelo granular de 58 cm y una capa de arcilla arenosa de 79 cm.

8006810	0.1	0.75	GC	31	15	16	16.6	52	31.4	16.5	12			
	0.75	1.5	CL	31	16	15	15.47	0.3	26.7	73	13	0.33	14.95	10.32
8006953	0.11	0.85	GM	43	22	21	22.5	47.6	27.5	24.8	16			
	0.9	1.5	CL	31	16	15	15.6	0.2	27.3	72.4	13	0.31	4.49	2.31
8006945	0.11	0.58	GM	-	-	-	-	50.5	31.4	18.1	-			
	1.1	1.5	CL	39	17	22	17.24	0.7	9.1	90.2	12	0.28	1.68	1.21
8007237	0.08	0.7	GM	27	17	10	16.8	49.7	30	20.3	15			
	0.7	1.8	CL	37	15	22	14.3	0.3	26.7	73	11	0.31	1.83	1.31
8008350	0.71	1.5	CL	35	16	19	16	13.1	34.7	52.2	12	0.35	6.48	3.24

Tabla 12. Resumen resultados laboratorios

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8006810	8006953	8006945	8007237	8008350
Profundidad (m)	0,75 - 1,50	0,90 - 1,50	1,10 - 1,50	0,70 -1,80	0,71 - 1,50
Clasificación U.S.C.S.	CL	CL	CL	CL	CL
Límite líquido (%)	31	31950	39	37	35
Límite plástico (%)	16	16	17	15	169
Índice de plasticidad	15	15	22	22	19
Humedad natural (%)	15,79	15,53	17,11	14,79	15,27
Gravas (%)	0,3	0,2	0,7	0,3	13,1
Arenas (%)	26,7	27,3	9,1	26,7	34,7
Finos (%)	73	72,4	90,2	73	52,2
Expansión CBR (%)	0,33	0,31	0,28	0,31	0,35
Límite de contracción	13	24134	12	11	12

Tabla 13. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

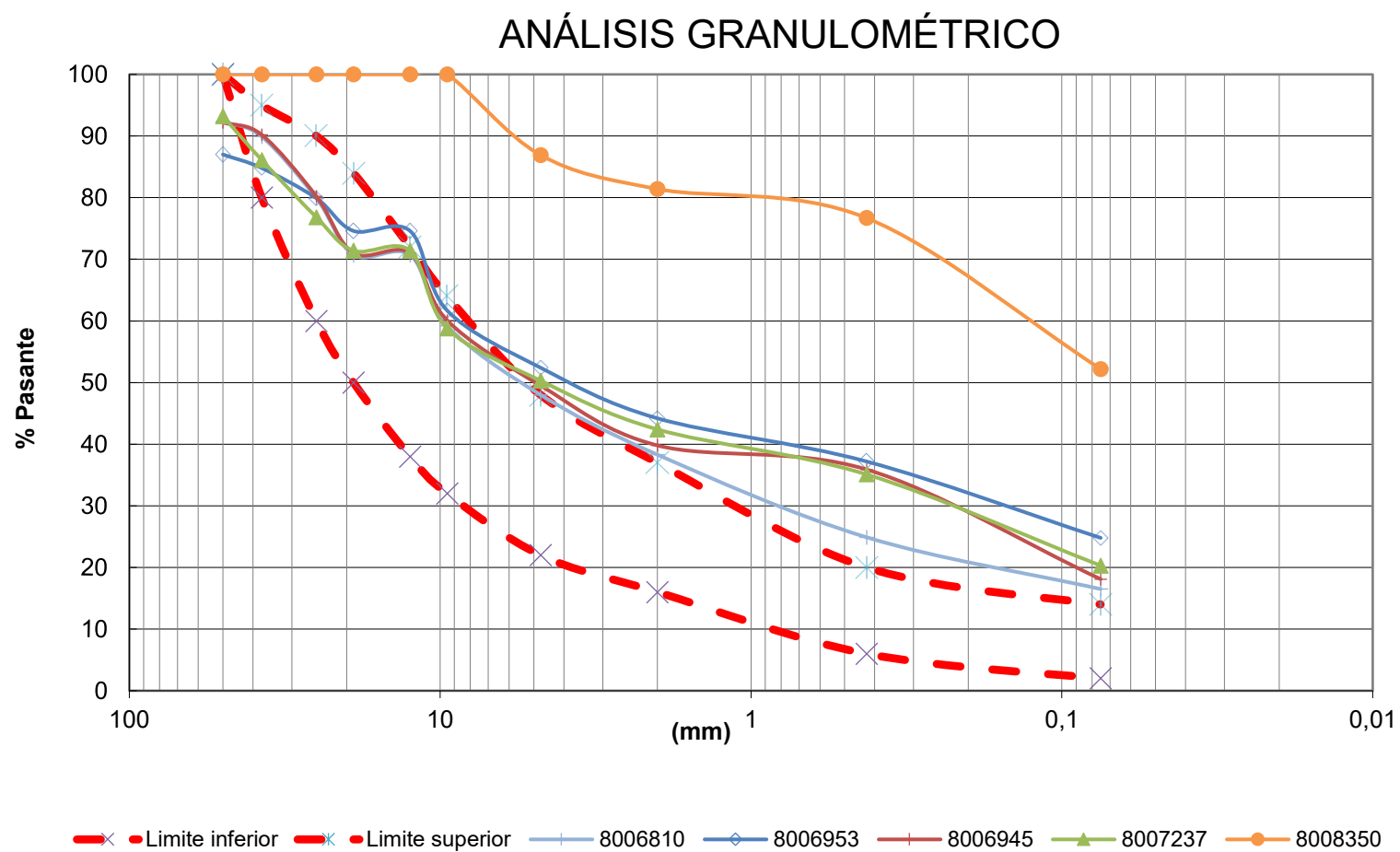


Ilustración 12. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8007237	KR 68BIS	CL 4 S	CL 8 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8006945	KR 68ABIS	CL 1 S	CL 3 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8006953	KR 68C	CL 2 S	CL 3 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8006810	CL 2 S	KR 68C	KR 68D	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008350	KR 69A	CL 24 S	CL 25 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 14. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 15. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

CIV	PROFUNDIDAD (m)	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8006810	0,75 - 1,50	0,33	Bajo	31	Bajo	13	Medio	15	Medio
8006953	0,90 - 1,50	0,31	Bajo	31950	Muy alto	24134	Bajo	15	Medio
8006945	1,10 - 1,50	0,28	Bajo	39	Bajo	12	Medio	22	Medio
8007237	0,70 -1,80	0,31	Bajo	37	Bajo	11	Medio	22	Medio
8008350	0,71 - 1,50	0,35	Bajo	35	Bajo	12	Medio	19	Medio

Tabla 16. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 13. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8006810	0,75 - 1,50	CL	31	16	15	15,79	73	13	Bajo	Alto	Bajo
8006953	0,90 - 1,50	CL	31	16	15	15,53	72,4	13	Medio	Alto	Bajo
8006945	1,10 - 1,50	CL	39	17	22	17,11	90,2	12	Medio	Muy alto	Medio
8007237	0,70 -1,80	CL	37	15	22	14,79	73	11	Medio	Muy alto	Medio
8008350	0,71 - 1,50	CL	35	169	19	15,27	52,2	12	Medio	Muy alto	Medio

Tabla 17. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

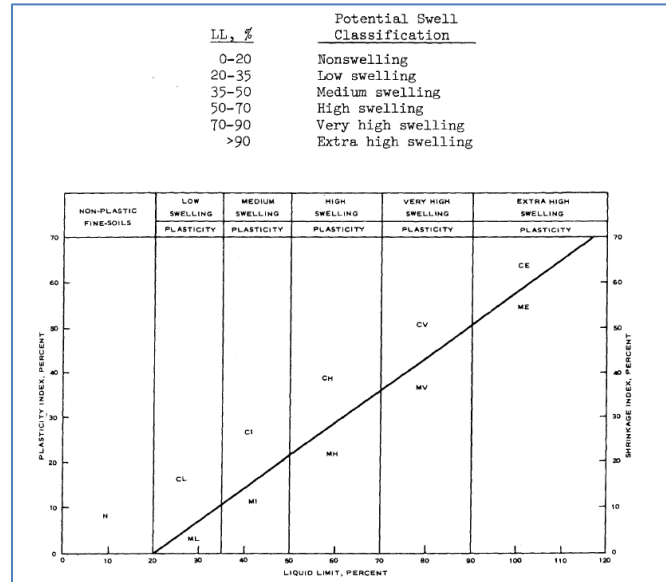


Ilustración 14. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

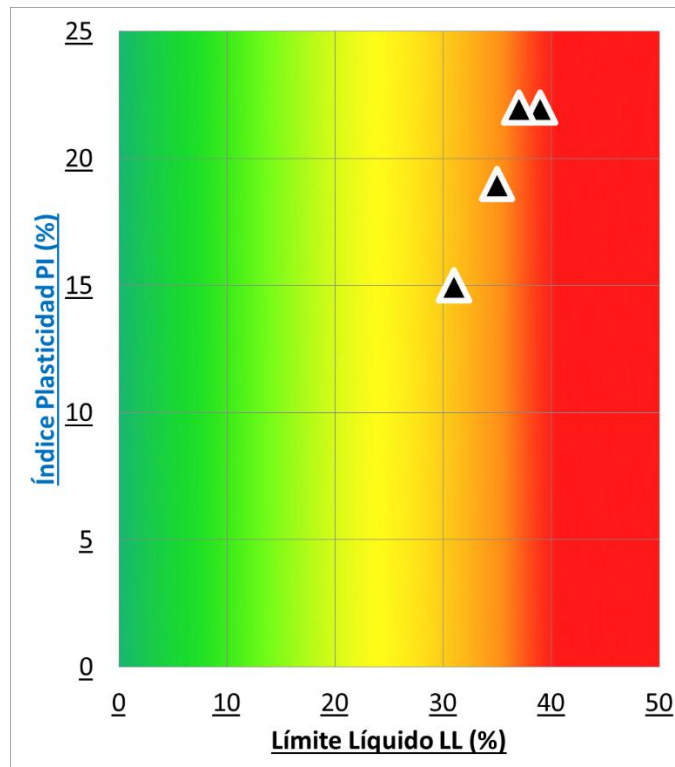


Ilustración 15. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumétrico	Categoría CVP
8006810	6	Crítica
8006953	5,7	Crítica
8006945	5,5	Crítica
8007237	5,3	Crítica
8008350	5,7	Crítica

Tabla 18. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 31 % y 39 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 15 % y 22 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra,

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

del orden del 60 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus límite líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 15 % y 17 %, combinados con límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante, orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

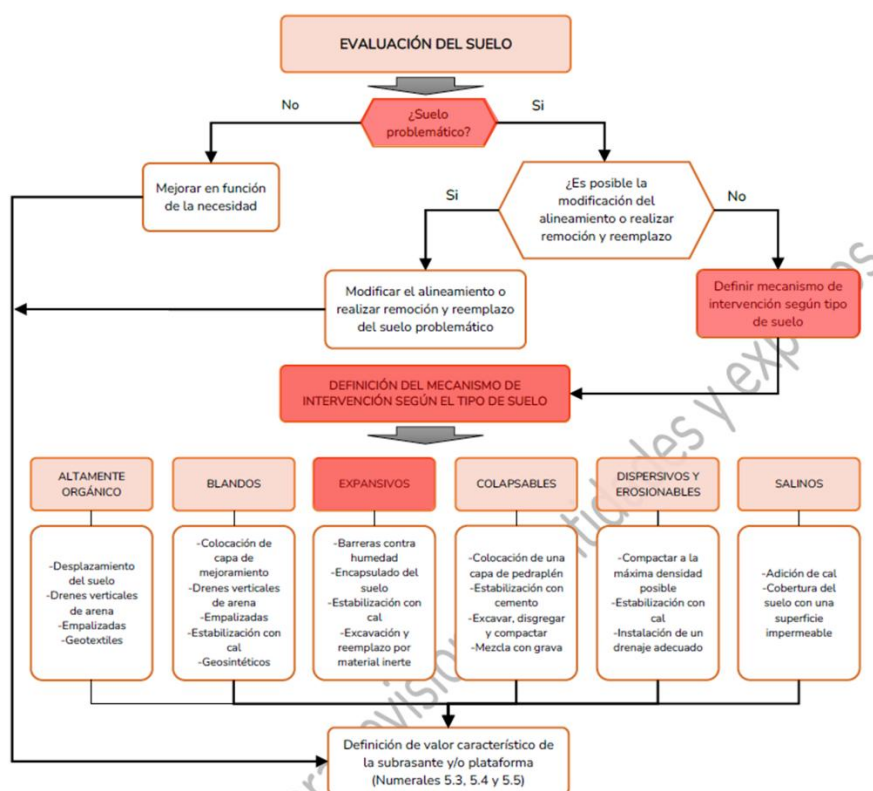


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 16. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,24 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

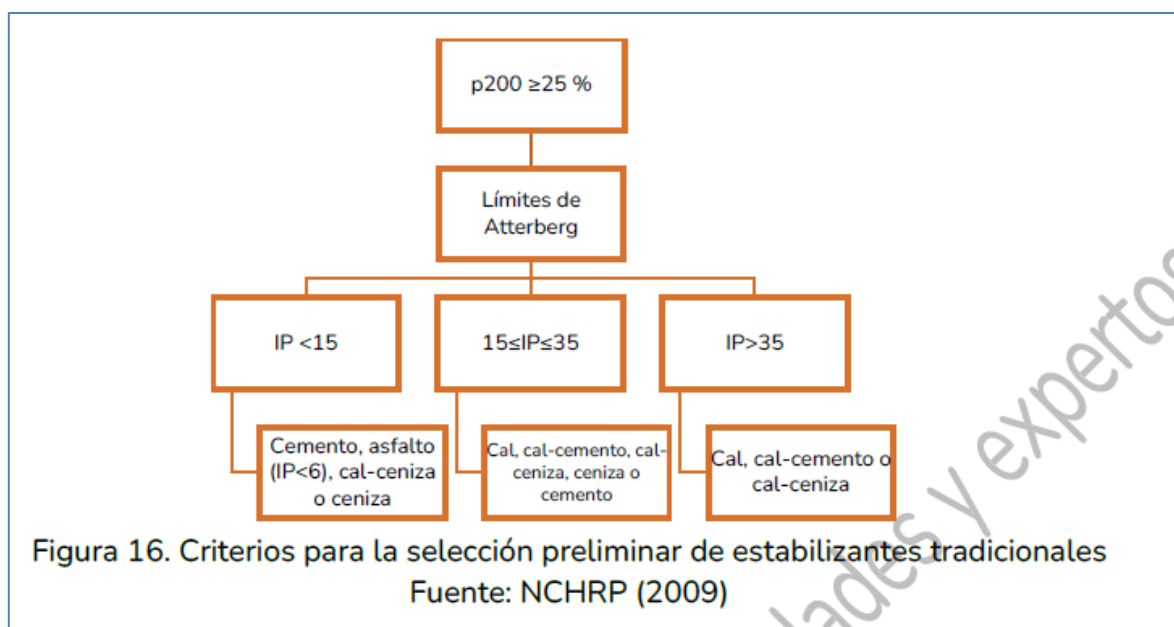


Ilustración 17. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.

- Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atraviese el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

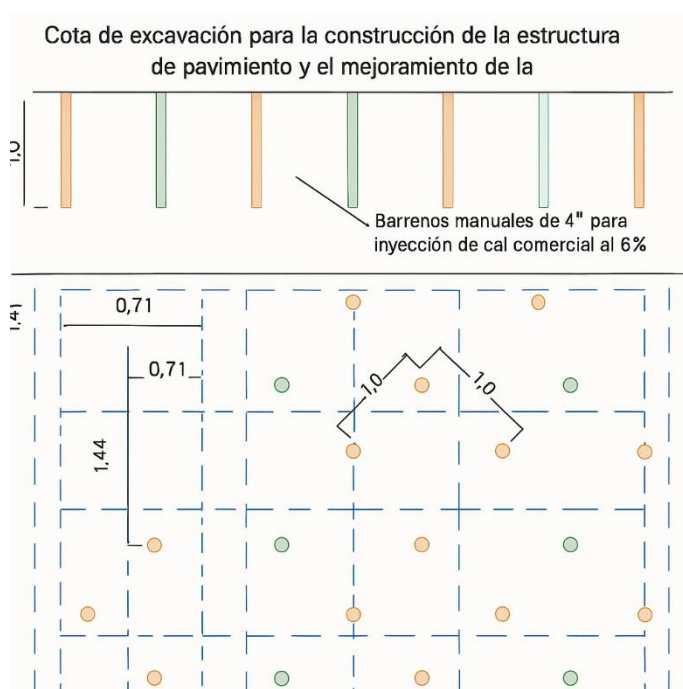


Ilustración 18. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

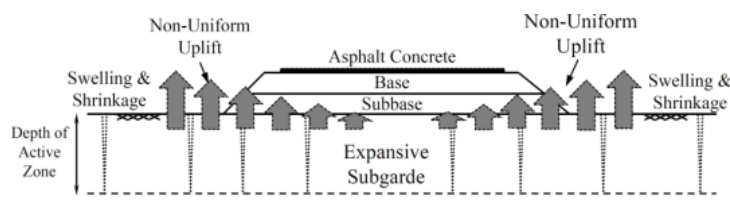


Ilustración 19. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

- Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apiqe muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

- Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 20. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
8006810	14.95	10.32
8006953	4.49	2.31
8006945	1.68	1.21
8007237	1.83	1.31
8008350	6.48	3.24
Promedio	5.89	3.68
Desviación estándar	5.45	3.80
Percentil 75	6.48	3.24

Tabla 19. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR (%)	MPa	Mr kg/cm ²	PSI
3,24	24,30	247,79	3524,42

Tabla 20. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 21. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi.

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	5

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	3,24	247,79	3524,42
Subrasante mejorada con Geocelda	7,14	714,28	10159,4

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 5 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

a₁ se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{asfalto}) - 1.9547$$

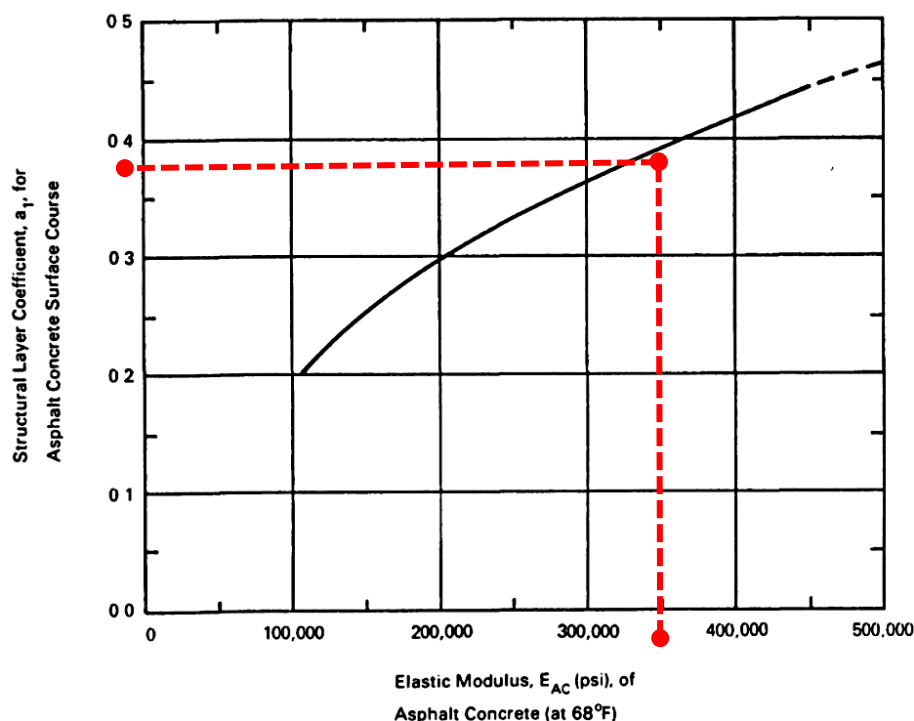


Ilustración 21. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r, \text{asfalto}) - 1.9547$$

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfáltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

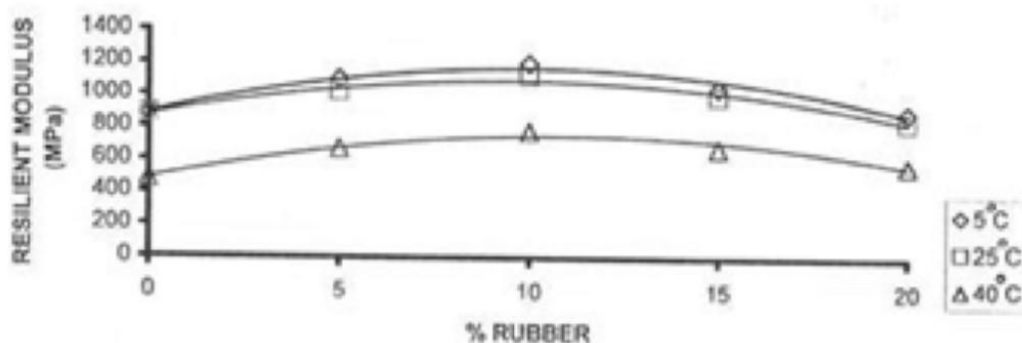


Ilustración 22. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

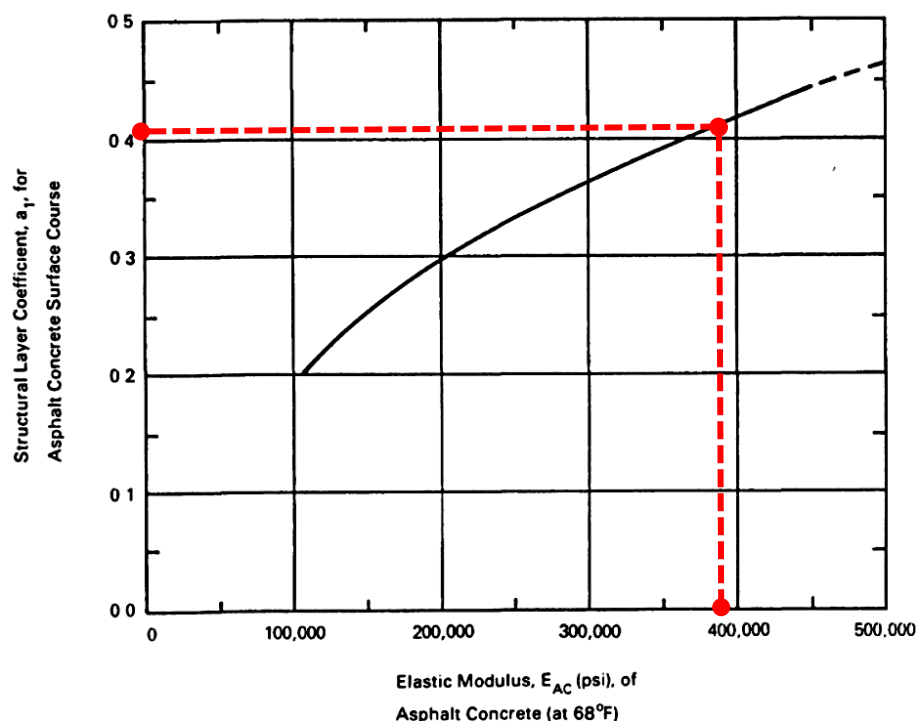


Ilustración 23. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. **Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)**

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

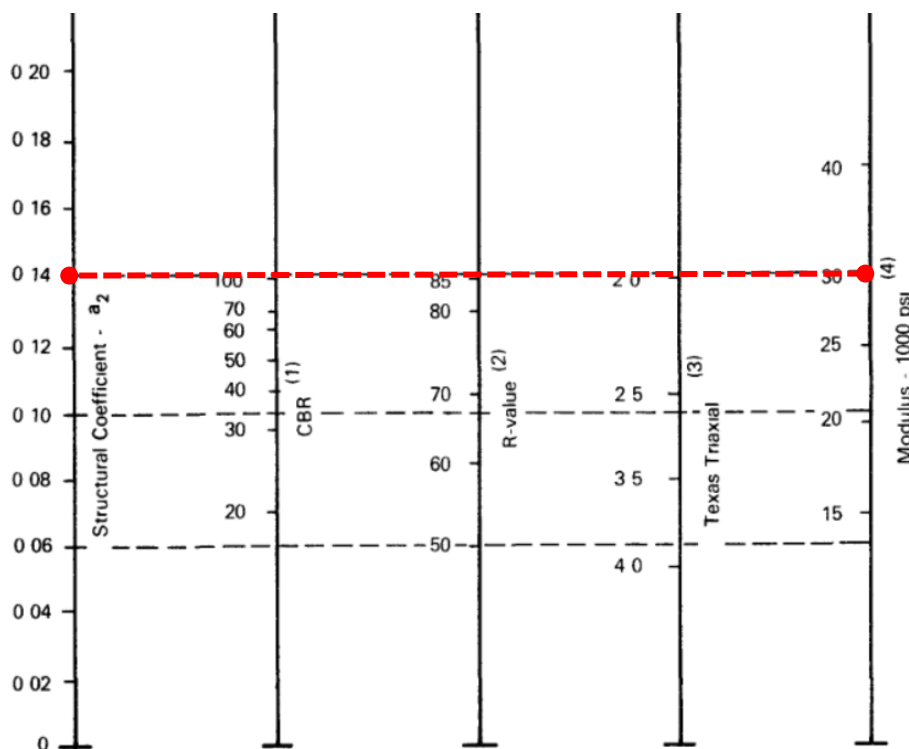


Ilustración 24. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 25. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 22. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

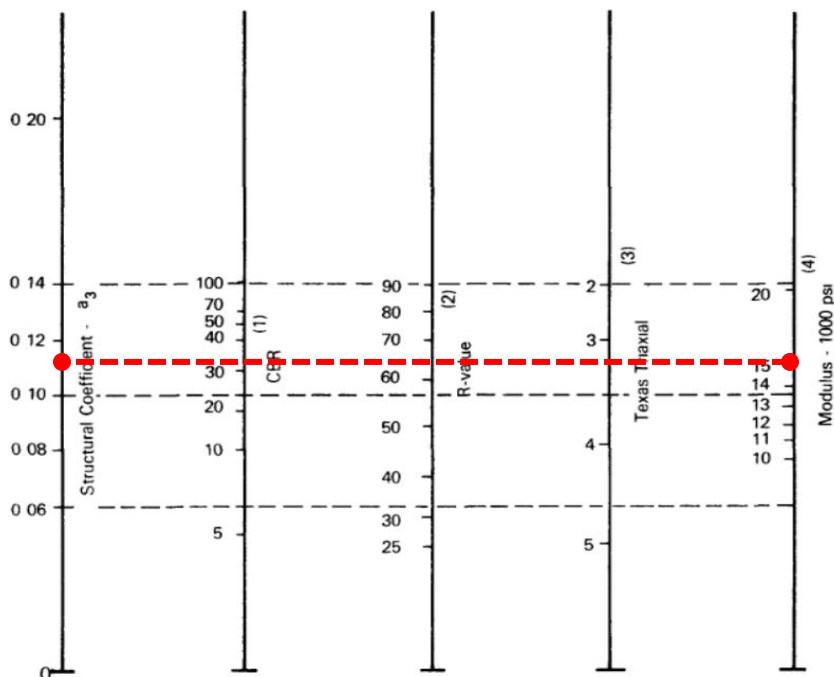


Ilustración 26. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 23. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1m_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots + \dots a_im_iD_i$$

Dónde: ai es el coeficiente estructural de la capa

Mi es el coeficiente de drenaje de la capa

Di es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 27. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 28. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 29. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	615.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	2.6

Tabla 24. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPEJOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	15	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 25. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 26. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL			
COEFICIENTES DE CALAGE			
AUTOREPARACIÓN DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
		2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES	K2	CUALQUIERA	
DISTRIBUCIÓN LATERAL DE LAS CARGAS		2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DÍA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 30. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
4.42E-04	7.71E-04	1.62E+00

Tabla 27. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm2
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 28. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm2)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 29. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.70E-04	5.01E-04	7.57E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 30. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.21E-04	4.80E-04	6.25E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 31. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 32. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h

Tabla 33. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 -

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

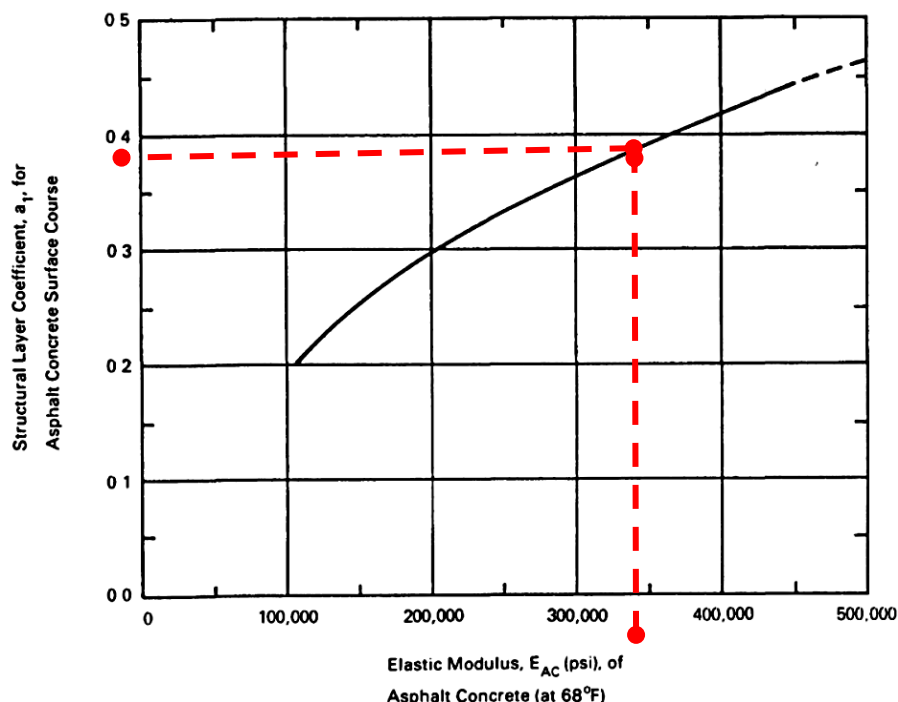


Ilustración 31. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

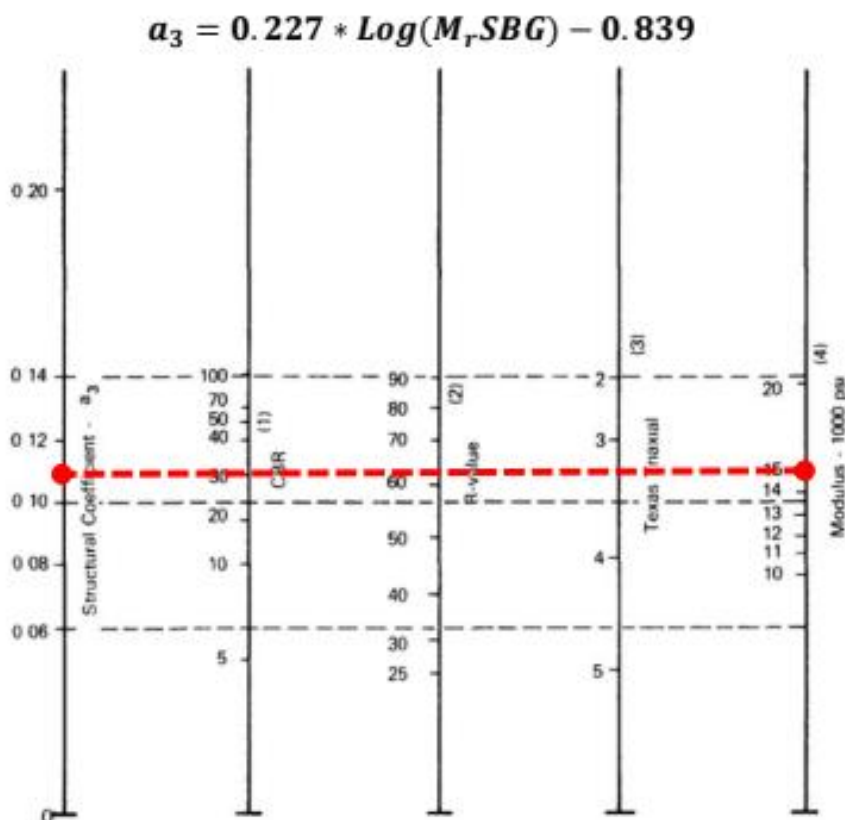


Ilustración 32. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 34. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

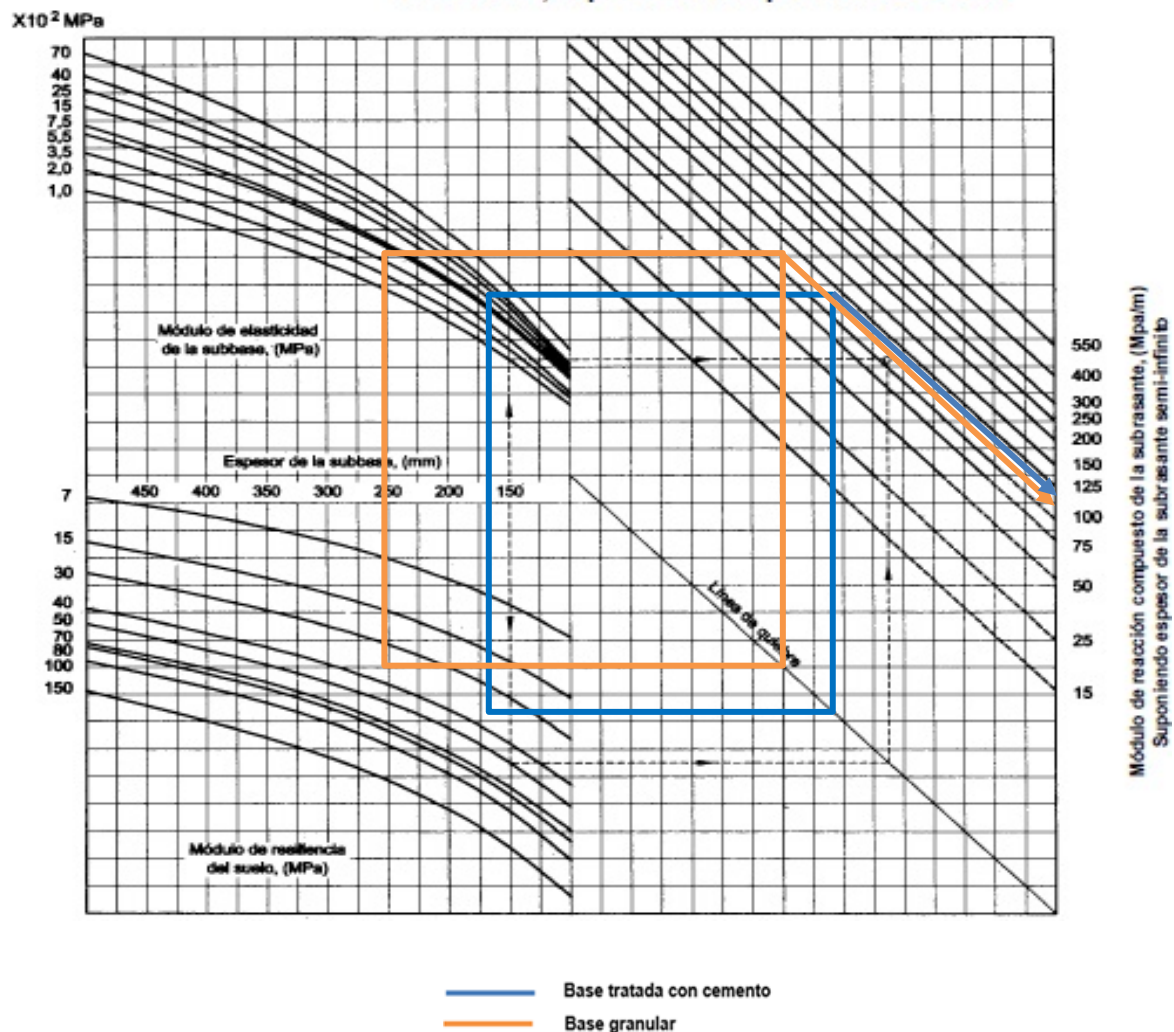


Ilustración 33. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

Las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. Metodología PCA

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	2.345.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 36. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

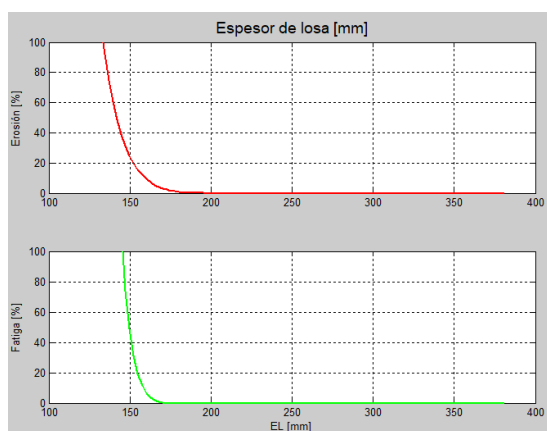
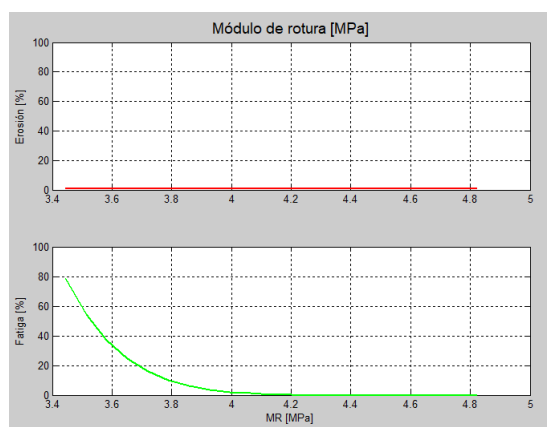
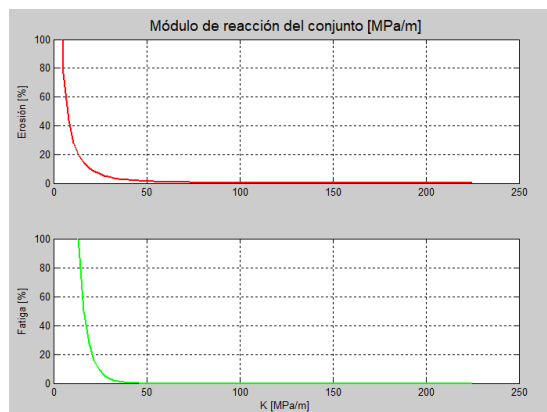
ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	65	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	0.78	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 35. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	54	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	2.94	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 39. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

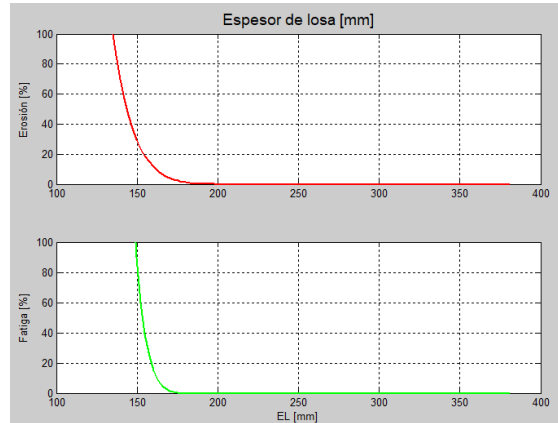


Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

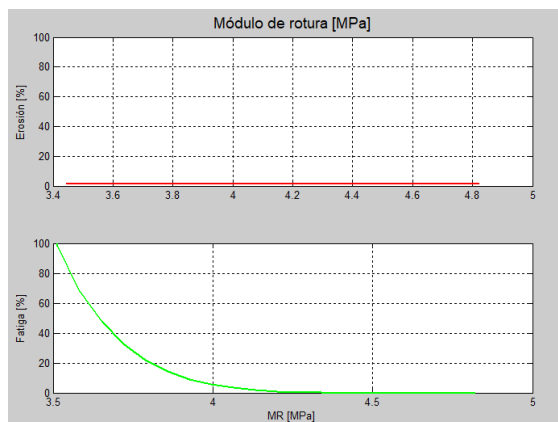


Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

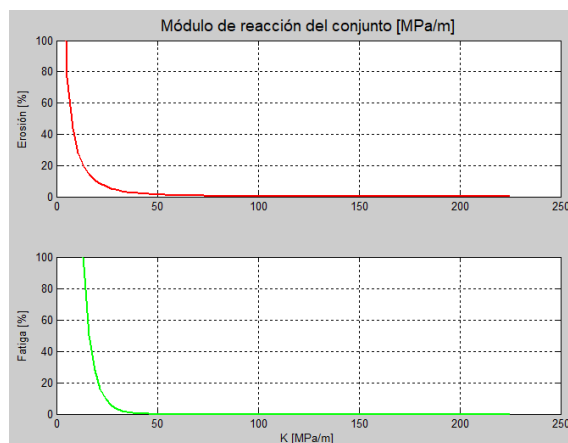


Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3524.42 PSI	

Tabla 37. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3524.42 PSI	

Tabla 38. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.
- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95%

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 39. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 40. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. **Características Geométricas de la Losa**

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

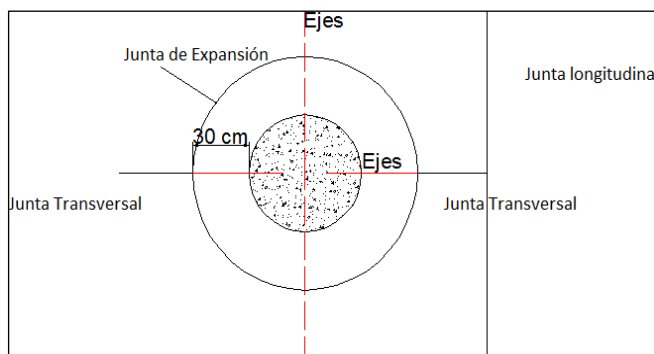


Ilustración 43. Junta en pozos

- Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

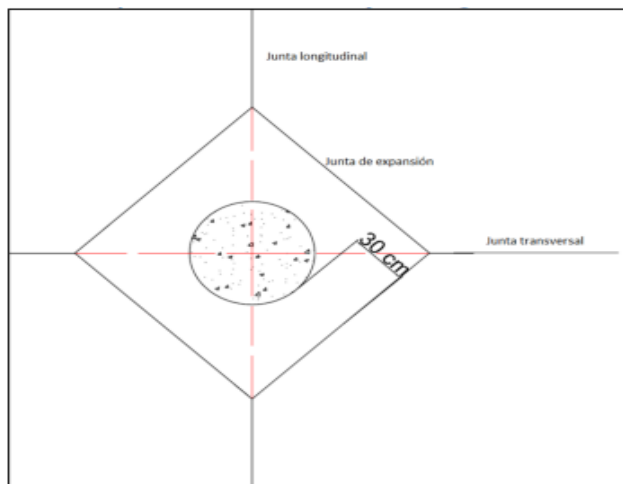


Ilustración 44. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

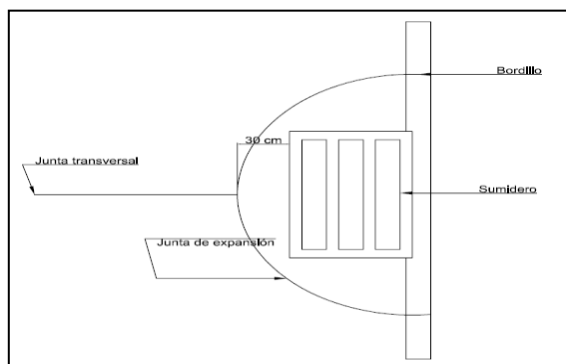


Ilustración 45. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	7/8"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

Tabla 41. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 42. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 43. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

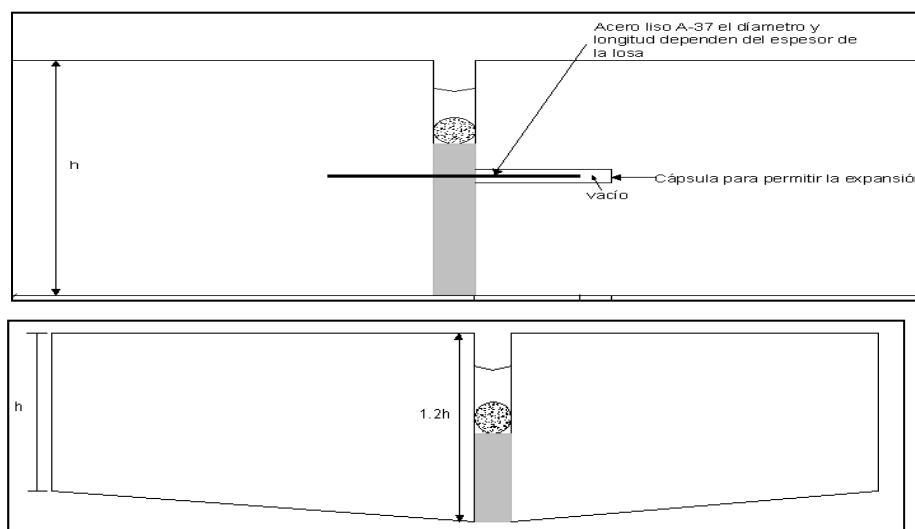


Ilustración46. Detalle Junta de expansión

7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.

- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición , relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Transporte:** la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.
- Extensión de la mezcla: la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.

- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media–alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 44. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.

- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.
- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.
- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.
- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 45. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

Cemento (5% en peso):

Cemento = $0.05 \times 2052 \text{ kg} = 102.6 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^3$

Aditivo líquido lónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo líquido lónico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0003-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8006810,8006953, 8006945, 8007237 Y 8008350.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8006810,8006953, 8006945, 8007237 Y 8008350, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para cinco (5) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8007237	KR 68BIS	CL 4 S	CL 8 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8006945	KR 68ABIS	CL 1 S	CL 3 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8006953	KR 68C	CL 2 S	CL 3 S

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8006810	CL 2 S	KR 68C	KR 68D
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008350	KR 69A	CL 24 S	CL 25 S

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de **vía**, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8006810,8006953, 8006945, 8007237 Y 8008350”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ≥ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Julián Alberto Barriga
Ingeniero civil
Esp. Pavimentos

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8006810, 8006953, 8006945, 8007237 Y 8008350.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S
8008582, 8008637, 8009019, 8006739 Y 8007698**

BOGOTÁ D.C., ENERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. GENERALIDADES	12
2.1 Metodología	12
2.2 Normatividad Consultada	13
2.3 Condiciones Climáticas	13
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales	15
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI	18
4. TRÁNSITO DE DISEÑO	21
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	24
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	27
5.1 Estratigrafía	29
5.2 Nivel freático	31
5.3 Ensayos de caracterización física	31
5.4 Análisis de potencial de expansión	34
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	39
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	40
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	47
5.6. Mejoramiento de la subrasante	49
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE	51
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	51
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)	52

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	53
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	56
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	58
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	65
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	67
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	68
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	71
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	71
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	73
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	76
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	76
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	80
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	80
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	81
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	82

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

83

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	90
7.3. Metodología PCA.....	95
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido.....	100
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda.....	100
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5%con cemento y mejoramiento con geocelda .	101
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	102
7.6. Características Geométricas de la Losa	105
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	106
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	108
7.9. Juntas de Transferencia.....	108
7.10. Juntas de Expansión	109
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	109
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	111
8.1. Equipos para los materiales granulares	112
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	116
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	118
9. CONCLUSIONES.....	120
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	122

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	16
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	19
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008582 (Fuente: Propia)	19
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008637 (Fuente: Propia)	19
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009019 (Fuente: Propia)	20
Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006739 (Fuente: Propia)	20
Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007698 (Fuente: Propia)	20
Tabla 8. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013).....	22
Tabla 9. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia).....	24
Tabla 10. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	26
Tabla 11. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	27
Tabla 12. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio).....	31
Tabla 13. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	34
Tabla 14. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	35
Tabla 15. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)	35
Tabla 16. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	35
Tabla 17. Potencial de cambio volumétrico Lambe	37
Tabla 18. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	48
Tabla 19. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	48
Tabla 20. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	49
Tabla 21. Propiedades mecánicas de los materiales	60
Tabla 22. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93).....	67
Tabla 23. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	70

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 24. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia).....	72
Tabla 25. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	73
Tabla 26. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93).....	75
Tabla 27. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia).....	75
Tabla 28. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93). 75	
Tabla 29. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	76
Tabla 30. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	76
Tabla 31. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	79
Tabla 32. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	80
Tabla 33. Propiedades mecánicas de los materiales	86
Tabla 34. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	93
Tabla 35. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	95
Tabla 36. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	100
Tabla 37. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	101
Tabla 38. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	105
Tabla 39. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	105
Tabla 40. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 41. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108
Tabla 42. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	108
Tabla 43. Alternativa recomendada Fuente Propia.	122
Tabla 44. Espesor de GCR.....	124

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER).....	14
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	16
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8006739. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008582. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	17
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8008637. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8009019. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8007698. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	18
Ilustración 8. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	28
Ilustración 9. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	29
Ilustración 10. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia).....	30
Ilustración 12. Resumen de resultados de laboratorio.....	31
Ilustración 13. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	33
Ilustración 14. Criterio 2, análisis de expansión.	35
Ilustración 15. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	36
Ilustración 16. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	36
Ilustración 17. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	39
Ilustración 18. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	40
Ilustración 19. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	42

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 20. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	44
Ilustración 21. Geostintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	47
Ilustración 22. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)	53
Ilustración 23. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	55
Ilustración 24. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	55
Ilustración 25. Gráfica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	57
Ilustración 26. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	58
Ilustración 27. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	66
Ilustración 28. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)	68
Ilustración 29. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	69
Ilustración 30. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	70
Ilustración 31. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	74
Ilustración 32. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) ..	82
Ilustración 33. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) ..	83
Ilustración 34. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	92
Ilustración 35. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	93
Ilustración 36. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	96
Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	97
Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	97
Ilustración 39. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	97

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

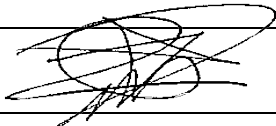
Ilustración 40. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	98
Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	99
Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	99
Ilustración 43. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	99
Ilustración 44. Junta en pozos	106
Ilustración 45. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	107
Ilustración 46. Junta en Sumideros	107
Ilustración 47. Detalle Junta de expansión	109

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	08/02/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8008582, 8008637, 8009019, 8006739 y 8007698 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

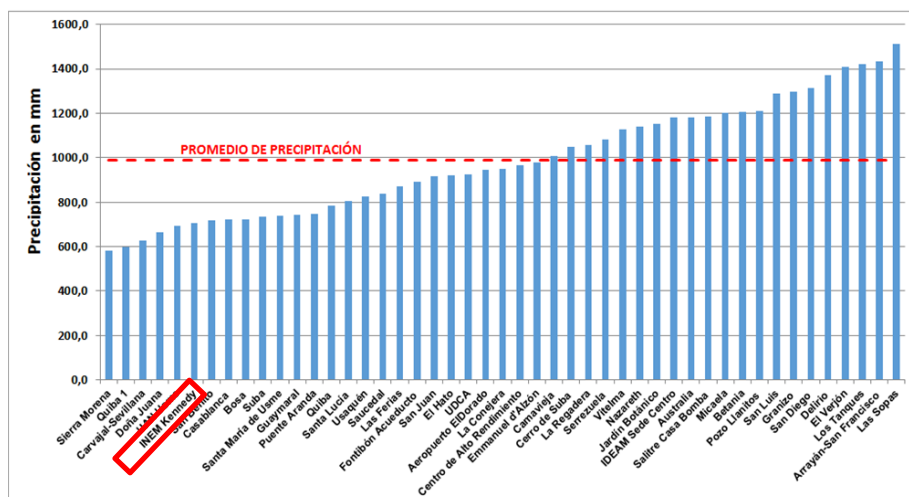
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



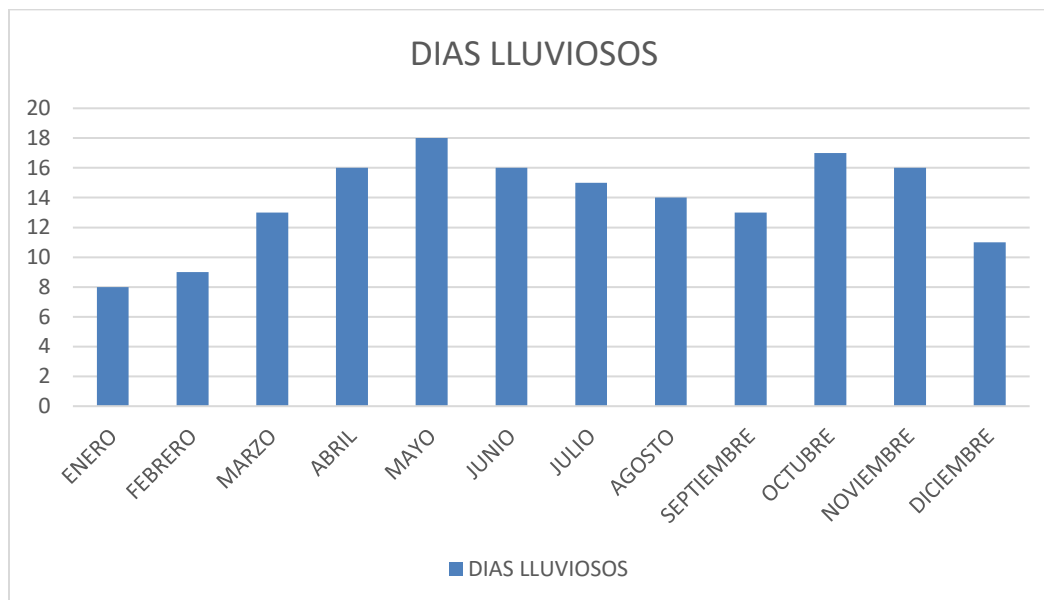
	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en la UPL CARVAJAL Y KENNEDY CENTRAL y se catalogan como malla vial local. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

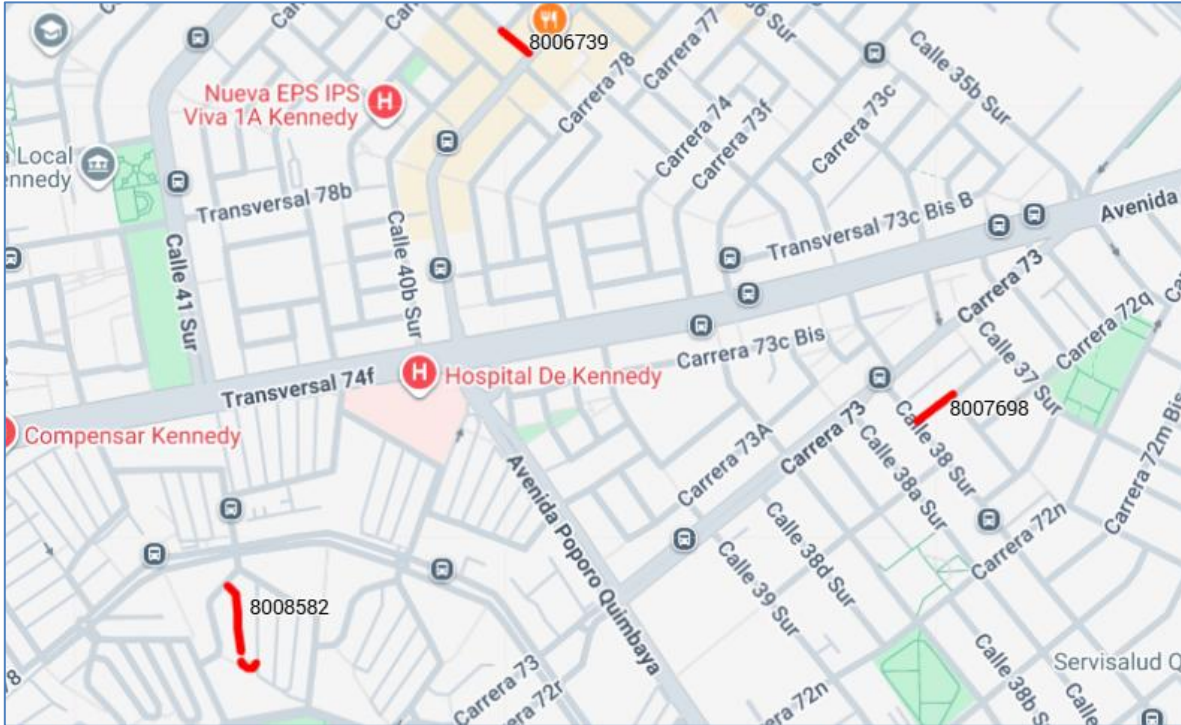


Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8006739	CL 38B S	Sin Establecer	KR 78C	196.60
8008637	CL 40 H SUR	KR 73 C	KR 74	73.28
8008582	KR 74	TV 74	-	314.48
8007698	KR 72QBIS	CL 37C S	CL 38 S	446.52
8009019	KR 72PBIS	KR 72 Q	CL 40C S	194.25

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

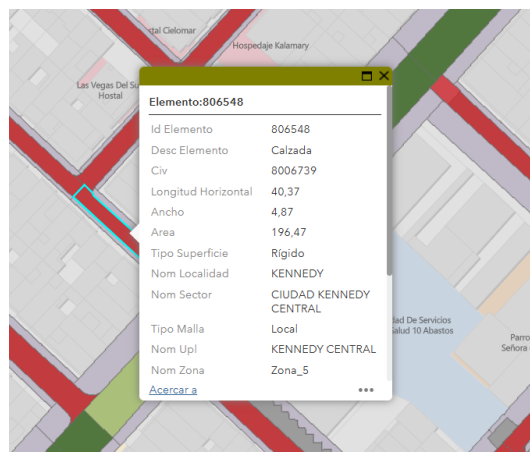


Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8006739. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

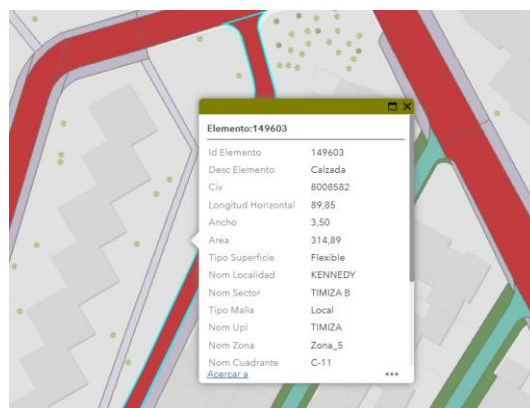
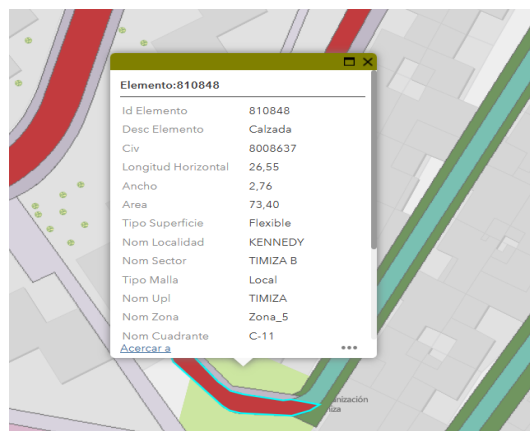


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008582. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8008637. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

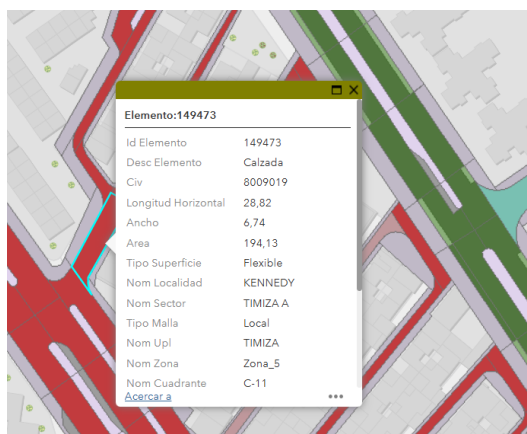


Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8009019. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

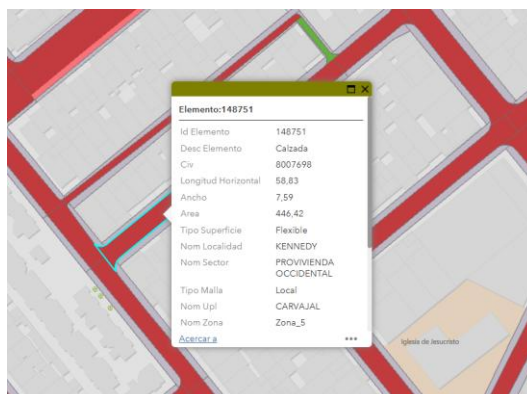


Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8007698. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8006739	CL 38B S	Sin Establecer	KR 78C	RECONSTRUCCIÓN
8008637	CL 40 H SUR	KR 73 C	KR 74	RECONSTRUCCIÓN
8008582	KR 74	TV 74	-	RECONSTRUCCIÓN
8007698	KR 72QBIS	CL 37C S	CL 38 S	RECONSTRUCCIÓN
8009019	KR 72PBIS	KR 72 Q	CL 40C S	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008582 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008637 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8009019 (Fuente: Propia)



Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006739 (Fuente: Propia)



Tabla 7. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007698 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla Local, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T1-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000 para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 8. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 50 diarios definido para la categoría T1-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías locales no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

tal motivo, el empleo de la categoría T1-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial local y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

Adicionalmente, la categoría T1-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías locales se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T1-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla local, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Con base en la información obtenida se determina que una categoría T1-1 de acuerdo a categoría IDU, por lo cual, será usado el tráfico obtenido de la proyección que corresponde a 2.345.000 Ejes equivalentes.

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8006739	CL 38B S	Sin Establecer	KR 78C	LOCAL	615.000	2.345.000
8008637	CL 40 H SUR	KR 73 C	KR 74	LOCAL	615.000	2.345.000
8008582	KR 74	TV 74	-	LOCAL	615.000	2.345.000
8007698	KR 72QBIS	CL 37C S	CL 38 S	LOCAL	615.000	2.345.000
8009019	KR 72PBIS	KR 72 Q	CL 40C S	LOCAL	615.000	2.345.000

Tabla 9. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 2.345.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 2.345.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	113.280
Eje simple	60 kN	226.560
Eje simple	70 kN	283.199
Eje simple	80 kN	283.199
Eje simple	90 kN	169.920

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Eje simple	100 kN	56.640
Eje tandem	100 kN (grupo)	72.087
Eje tandem	120 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	140 kN (grupo)	216.261
Eje tandem	160 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	180 kN (grupo)	72.087
Eje tridem	150 kN (grupo)	20.596
Eje tridem	180 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	210 kN (grupo)	61.789
Eje tridem	240 kN (grupo)	51.491
Eje tridem	270 kN (grupo)	20.596

Tabla 10. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W_{18} \approx 2.345.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8006739	4°37'15"N 74°09'07"W
8008637	4°36'49"N 74°09'20"W
8008582	4°36'49"N 74°09'20"W
8007698	4°36'59"N 74°08'48"W
8009019	4°36'42"N 74°09'02"W

Tabla 11. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

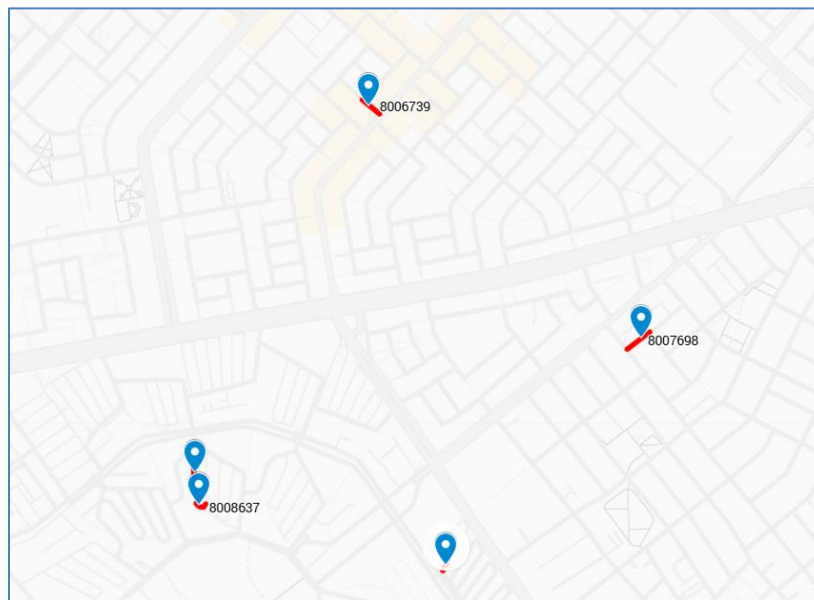


Ilustración 8. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

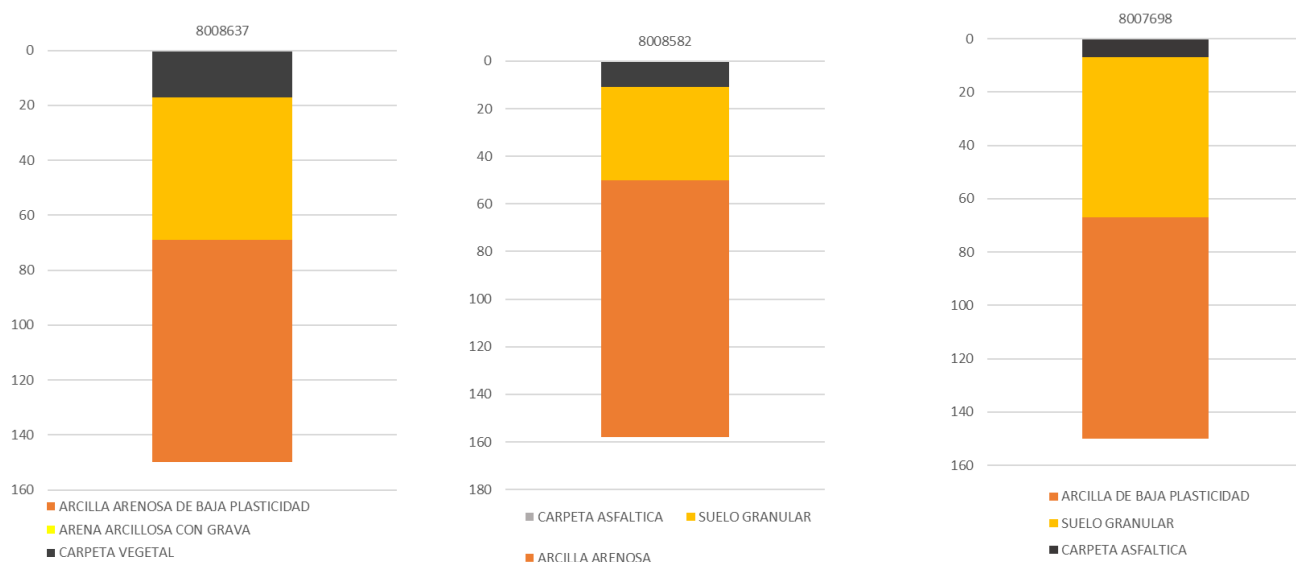


Ilustración 9. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

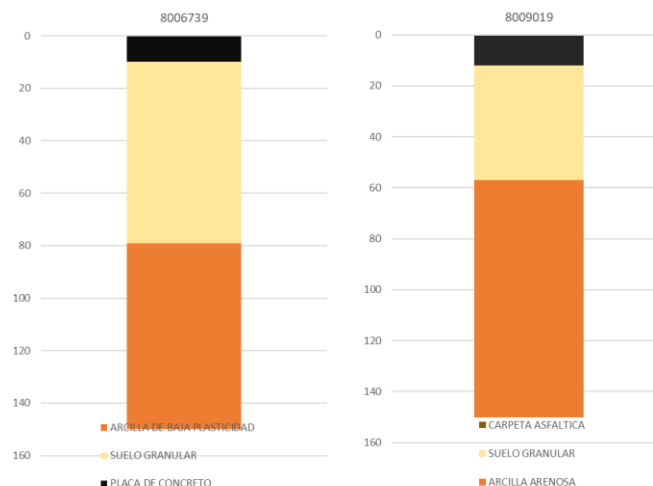


Ilustración 10. Perfiles Estratigráficos parte 2 (Fuente: Propia)

- En el apique 8008637 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta vegetal de 17 cm, seguida de una capa de arena arcillosa con grava de 52 cm y una capa de arcilla arenosa de baja plasticidad de 81 cm.
- En el apique 8008582 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 11 cm, una capa de suelo granular de 39 cm y una capa de arcilla arenosa de 108 cm.
- En el apique 8007698 se identificó un perfil estratigráfico constituido por una capa de carpeta asfáltica de 7 cm, una capa de suelo granular de 60 cm y una capa de arcilla de baja plasticidad de 83 cm.
- En el apique 8006739 se observó un perfil estratigráfico conformado por una capa de placa de concreto de 10 cm, seguida de una capa de suelo granular de 69 cm y una capa de arcilla de baja plasticidad de 71 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En el apique 8009019 se identificó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, una capa de suelo granular de 45 cm y una capa de arcilla arenosa de 93 cm.

APIQUE	Profundidad desde (m)	Profundidad hasta (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LC	EXPANSION CBR(%)	CBR-NATURAL (%)	CBR SUMERGIDO (%)
8008637	0.17	1.5	SC	30	15	15	15.35	8.6	49.3	42	12	0.81	4.57	0.8
8008582	0.11	0.5	GM	-	-	-	-	65.5	23.3	11.2	-			
	0.5	1.58	CL	31	15	16	15.35	7.3	3.4	61.3	12	0.35	4.2	2.59
8007698	0.07	0.67	GML	-	-	-	-	48.8	30.1	21.1	-			
	0.67	1.5	CL	32	15	17	15.7	0.7	9	90.3	12	0.31	2.64	1.76
8006739	0.1	0.79	GM	-	-	-	-	50.3	29.5	20.2	-			
	0.79	1.5	CL	33	17	16	17.28	0.2	29.2	70.6	13	0.37	6.48	4.32
8009019	0.57	1.5	CL	30	17	13	16.82	5.7	33.8	60.5	14	0.35	6.48	3.24

Ilustración 11. Resumen de resultados de laboratorio.

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8008637	8008582	8007698	8006739	8009019
Profundidad (m)	0.17 - 1.50	0.50 - 1.58	0.67 - 1.50	0.79 - 1.50	0.57 - 1.50
Clasificación U.S.C.S.	SC	CL	CL	CL	CL
Límite líquido (%)	30	31	32	33	30
Límite plástico (%)	15	15	15	17	17
Índice de plasticidad	15	16	17	16	13
Humedad natural (%)	15.35	15.35	15.7	17.28	16.82
Gravas (%)	8.6	7.3	0.7	0.2	5.7
Arenas (%)	49.3	31.4	9	29.2	33.8
Finos (%)	42	61.3	90.3	70.6	60.5
Expansión CBR (%)	0.81	0.35	0.31	0.37	0.35
Límite de contracción	12	12	12	13	14

Tabla 12. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

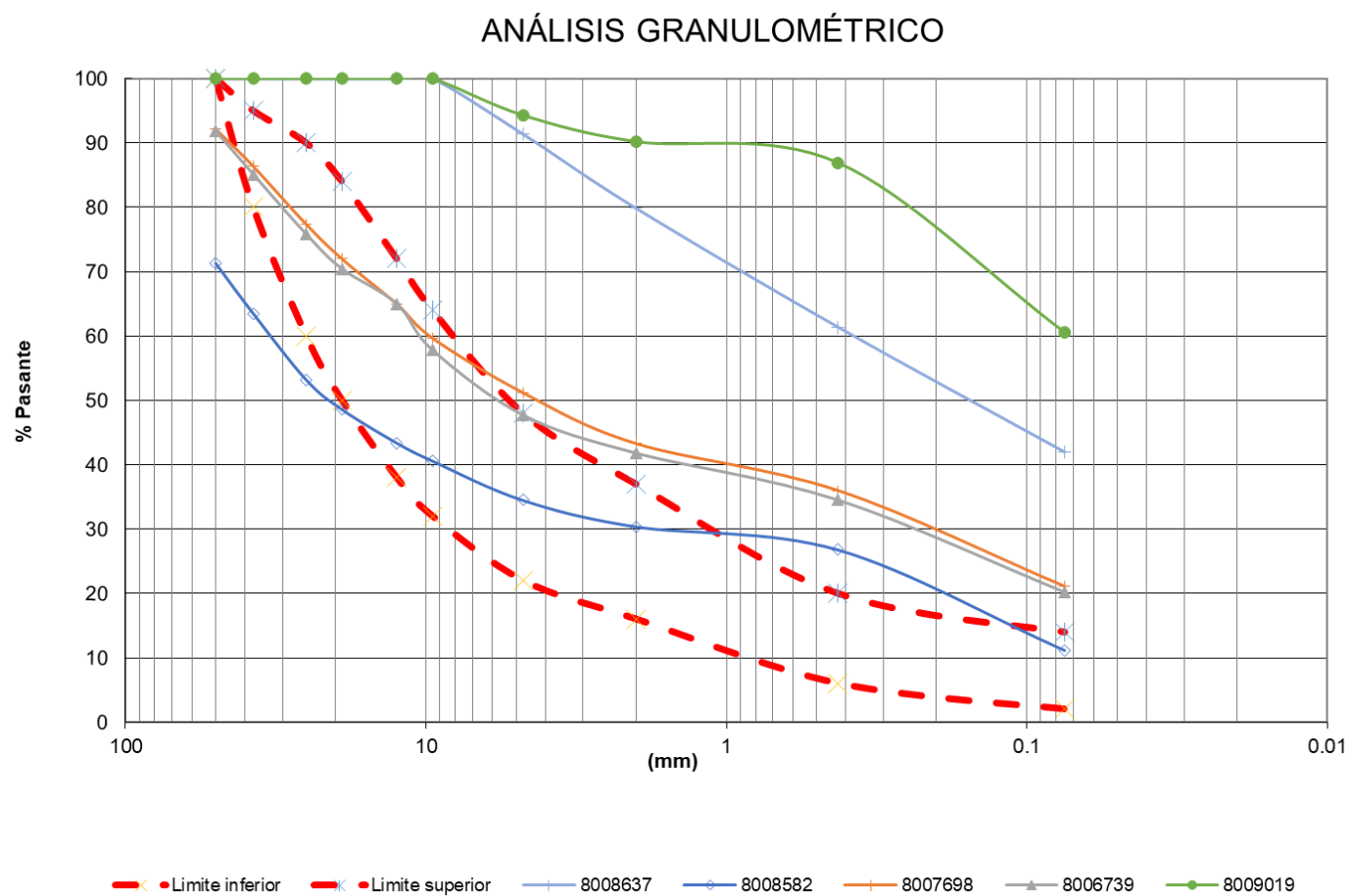


Ilustración 12. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8006739	CL 38B S	Sin Establecer	KR 78C	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008637	CL 40 H SUR	KR 73 C	KR 74	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008582	KR 74	TV 74	-	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8007698	KR 72QBIS	CL 37C S	CL 38 S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8009019	KR 72PBIS	KR 72 Q	CL 40C S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 13. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 14. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

CIV	PROFUNDIDAD (m)	Expansión CBR (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8008637	0.17 - 1.50	0.81	Bajo	30	Bajo	12	Medio	15	Medio	42	Muy alto
8008582	0.50 - 1.58	0.35	Bajo	31	Bajo	12	Medio	16	Medio	61.3	Muy alto
8007698	0.67 - 1.50	0.31	Bajo	32	Bajo	12	Medio	17	Medio	90.3	Muy alto
8006739	0.79 - 1.50	0.37	Bajo	33	Bajo	13	Medio	16	Medio	70.6	Muy alto
8009019	0.57 - 1.50	0.35	Bajo	30	Bajo	14	Bajo	13	Medio	60.5	Muy alto

Tabla 15. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 13. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8008637	0.17 - 1.50	SC	30	15	15	15.35	42	12	Bajo	Alto	Bajo
8008582	0.50 - 1.58	CL	31	15	16	15.35	61.3	12	Medio	Muy alto	Bajo
8007698	0.67 - 1.50	CL	32	15	17	15.7	90.3	12	Medio	Muy alto	Bajo
8006739	0.79 - 1.50	CL	33	17	16	17.28	70.6	13	Medio	Alto	Bajo
8009019	0.57 - 1.50	CL	30	17	13	16.82	60.5	14	Bajo	Alto	Bajo

Tabla 16. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

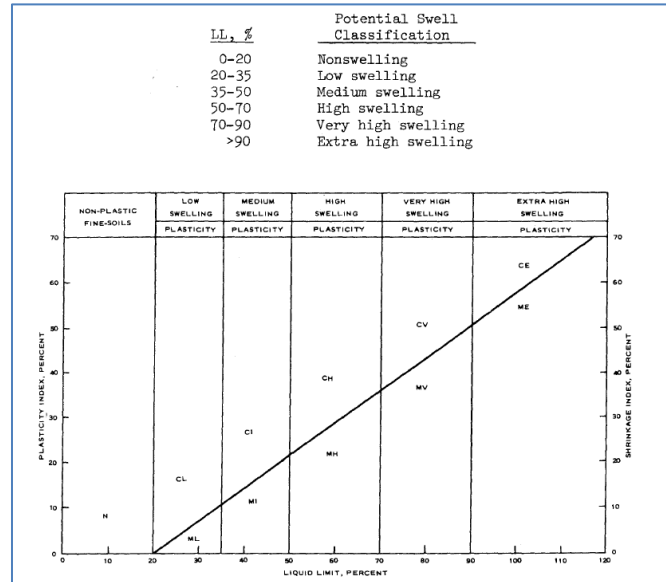


Ilustración 14. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

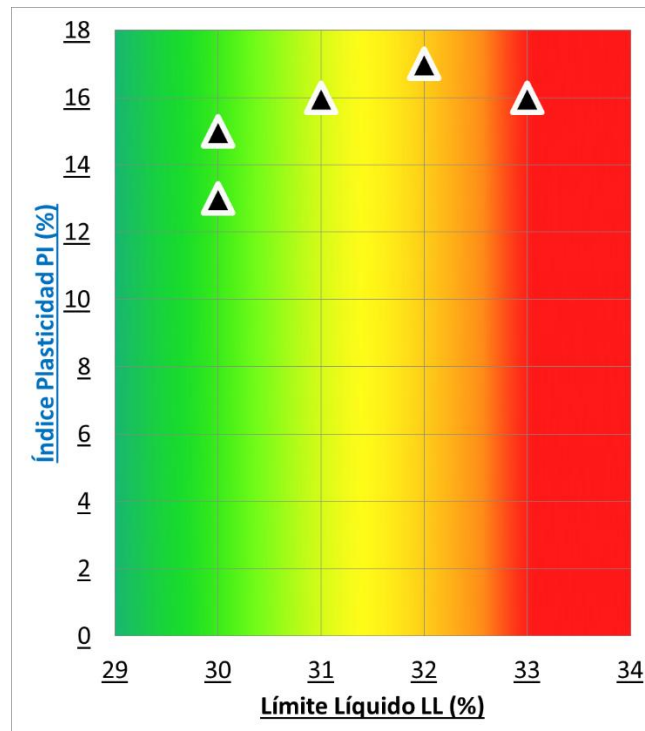


Ilustración 15. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumétrico	Categoría CVP
8008637	5.5	Crítica
8008582	5.3	Crítica
8007698	5.5	Crítica
8006739	5.3	Crítica
8009019	7.7	Muy crítica

Tabla 17. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 30 % y 33 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 13 % y 15 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra,

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

del orden del 60 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus límite líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 15 % y 17 %, combinados con límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante, orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

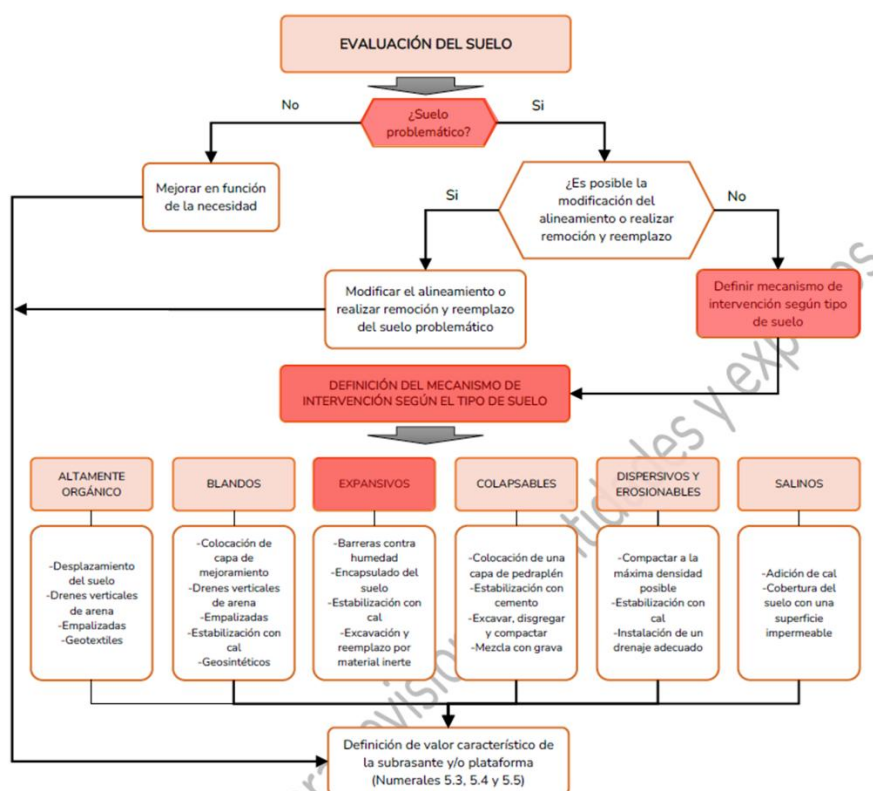


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 16. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,25 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

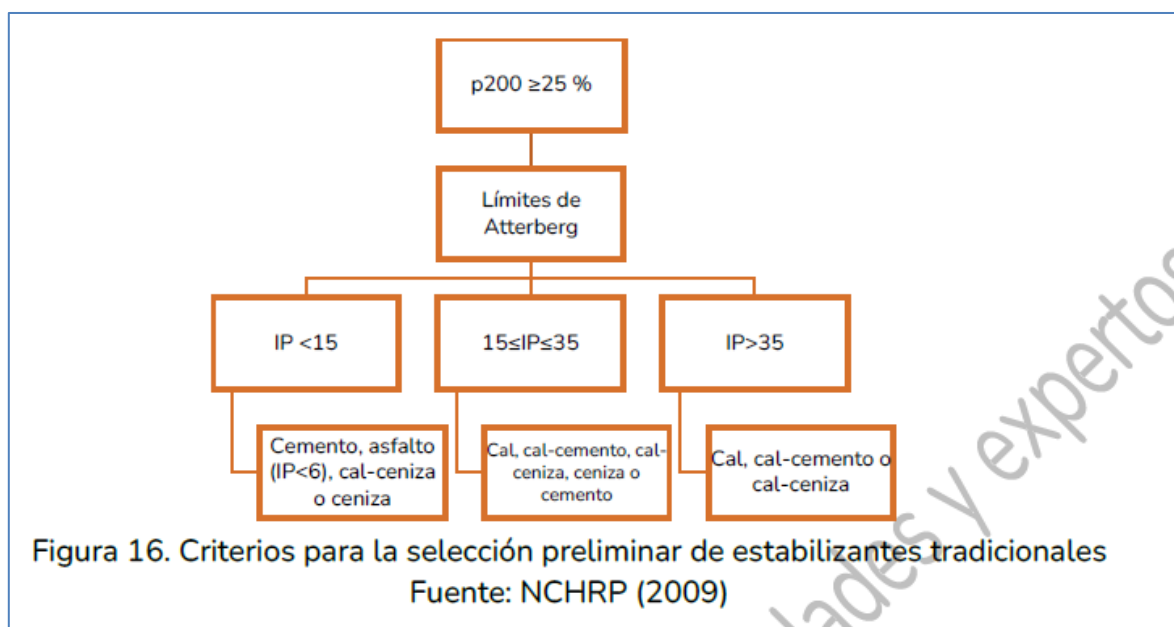


Ilustración 17. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.

- Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atravesase el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

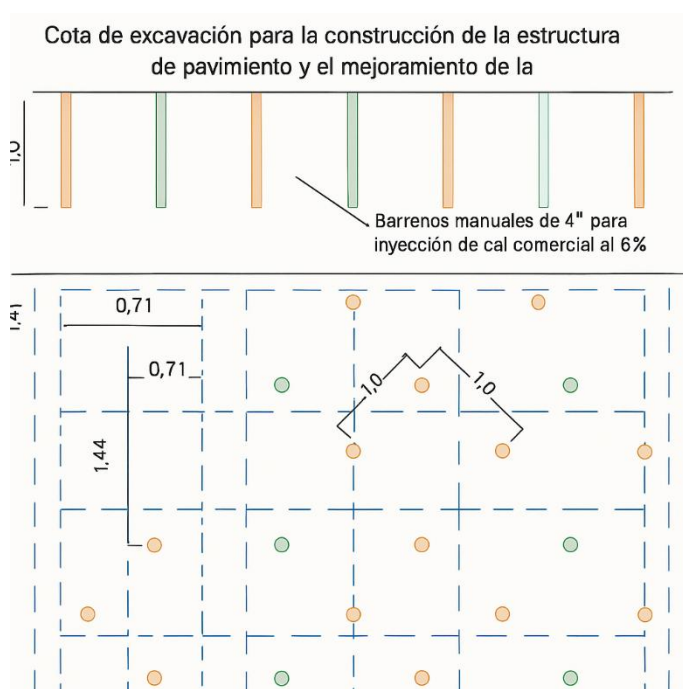


Ilustración 18. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

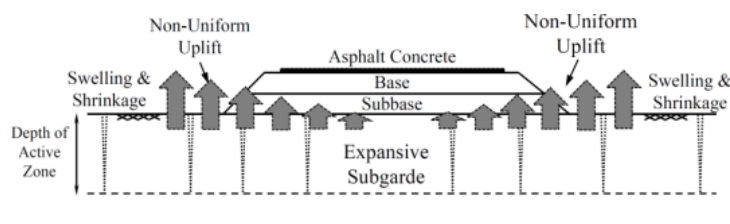


Ilustración 19. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

- Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apiqe muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

- Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 20. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
8008637	4.57	0.8
8008582	4.2	2.59
8007698	2.64	1.76
8006739	6.48	4.32
8009019	6.48	3.24
Promedio	4.87	2.54
Desviación estándar	1.64	1.35
Percentil 75	6.48	3.24

Tabla 18. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR (%)	MPa	Mr kg/cm ²	PSI
3.24	24.30	247.79	3524.42

Tabla 19. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 20. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	5

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	3,24	247,79	3524,42
Subrasante mejorada con Geocelda	7,14	714,28	10159,4

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 5 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

a₁ se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{asfalto}) - 1.9547$$

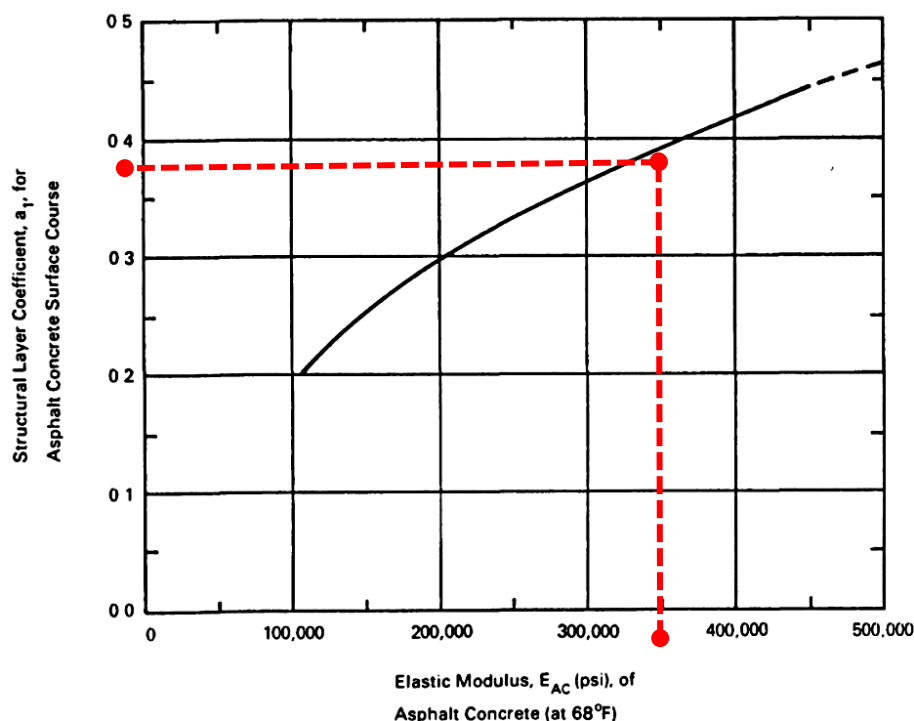


Ilustración 21. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r, \text{asfalto}) - 1.9547$$

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfáltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

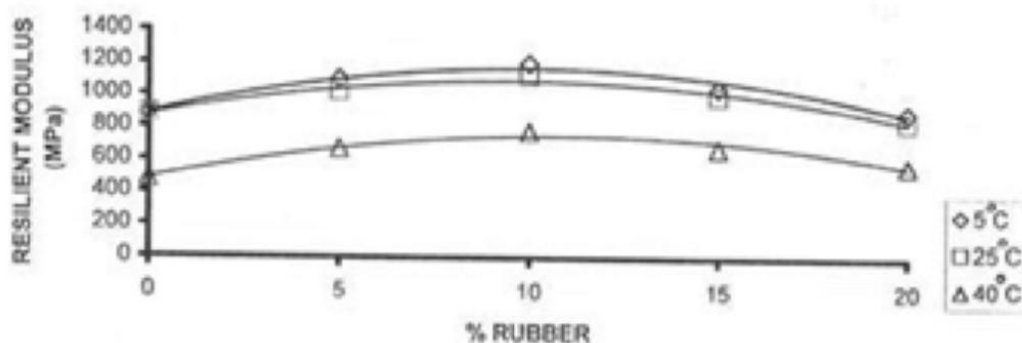


Ilustración 22. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

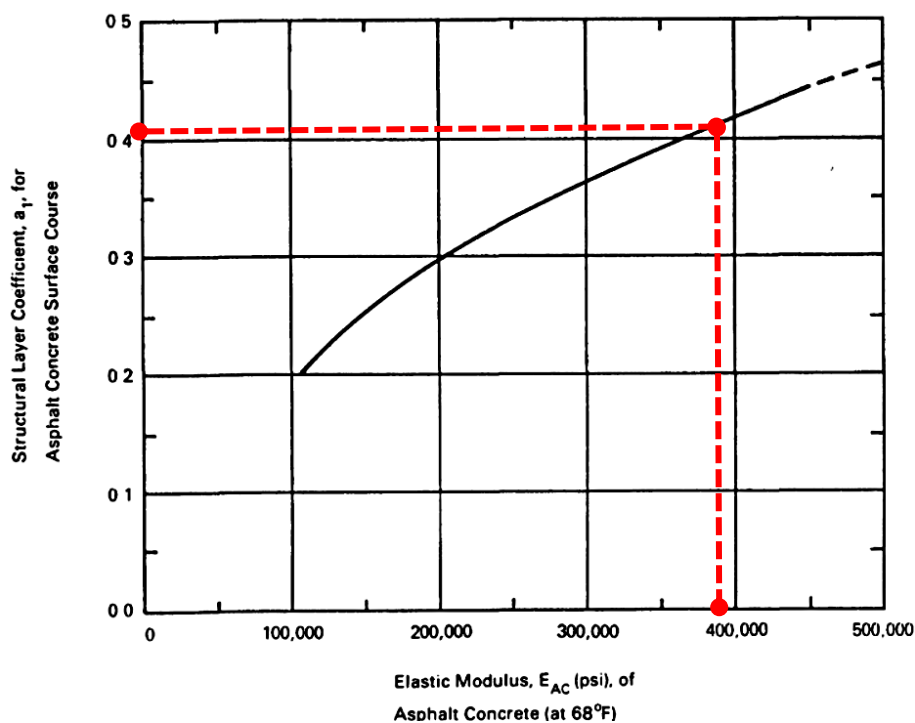


Ilustración 23. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. **Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)**

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

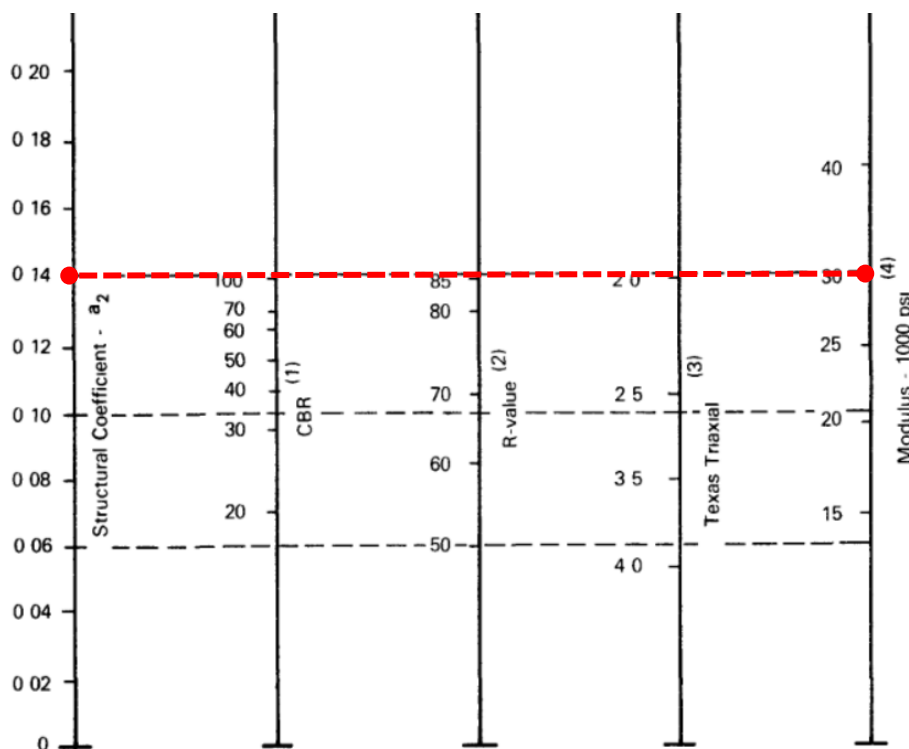


Ilustración 24. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 25. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 21. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

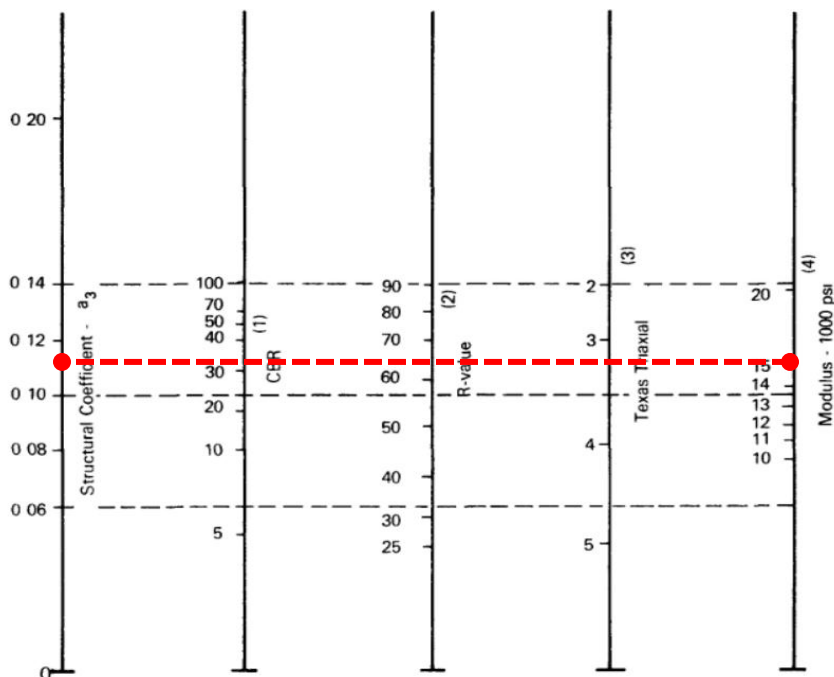


Ilustración 26. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 22. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots + \dots a_i m_i D_i$$

Dónde: a_i es el coeficiente estructural de la capa

m_i es el coeficiente de drenaje de la capa

D_i es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 27. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 28. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 29. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	615.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	2.6

Tabla 23. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	15	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 24. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 25. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL COEFICIENTES DE CALAGE			
AUTOREPARACIÓN DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
		2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES	K2	CUALQUIERA	
DISTRIBUCION LATERAL DE LAS CARGAS		2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DÍA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 30. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm²)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm²)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
4.42E-04	7.71E-04	1.62E+00

Tabla 26. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm ²
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 27. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm ²)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 28. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.70E-04	5.01E-04	7.57E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 29. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.21E-04	4.80E-04	6.25E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 30. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 31. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h
--	-------------	-----------------------

Tabla 32. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)
Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)	
Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

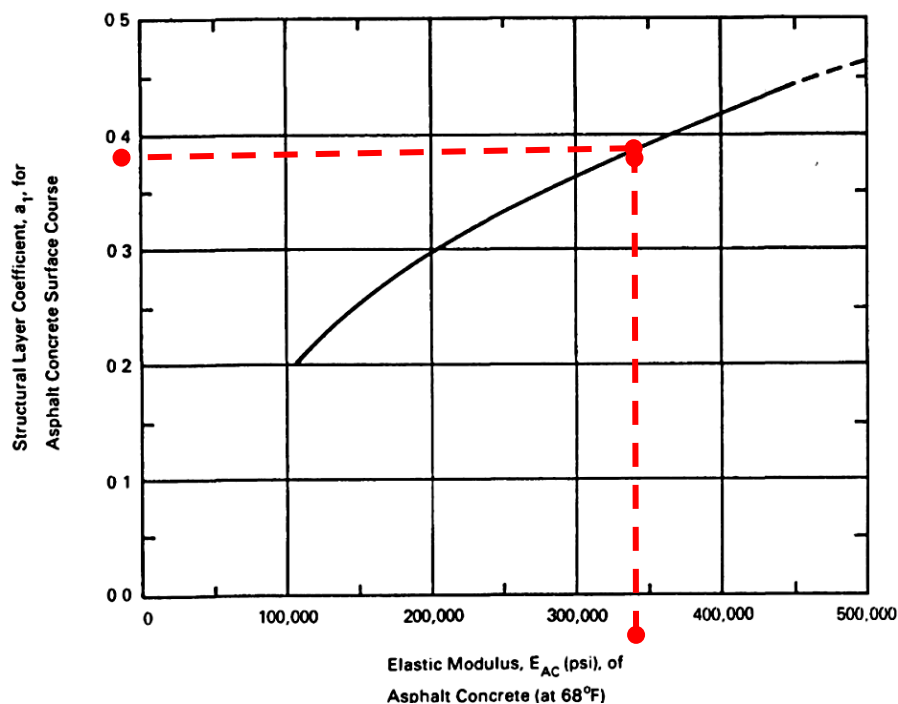


Ilustración 31. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. **Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

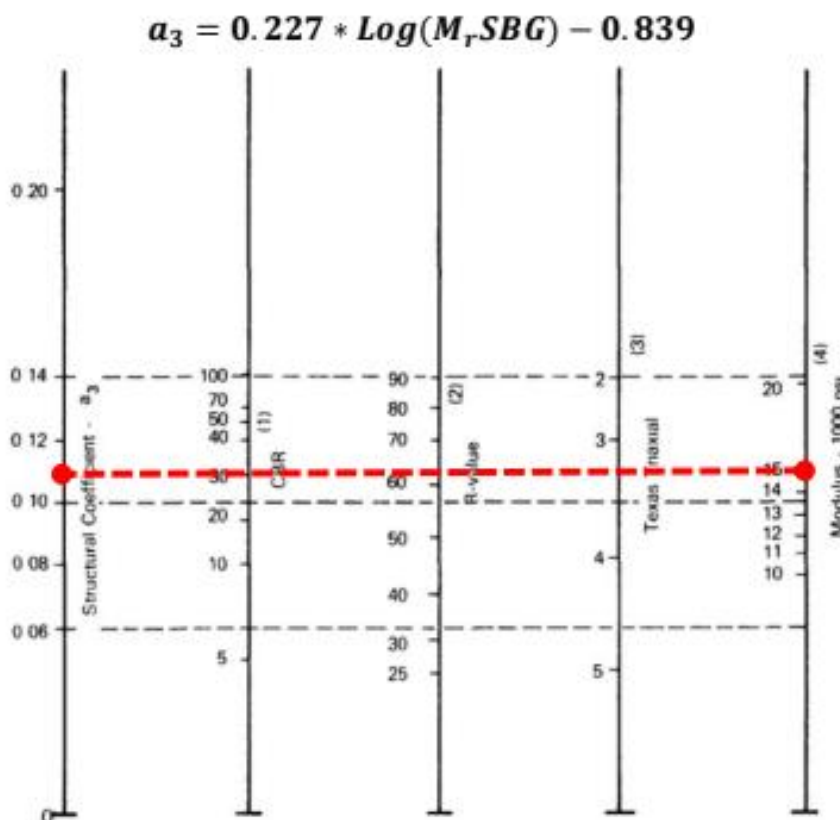


Ilustración 32. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 33. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

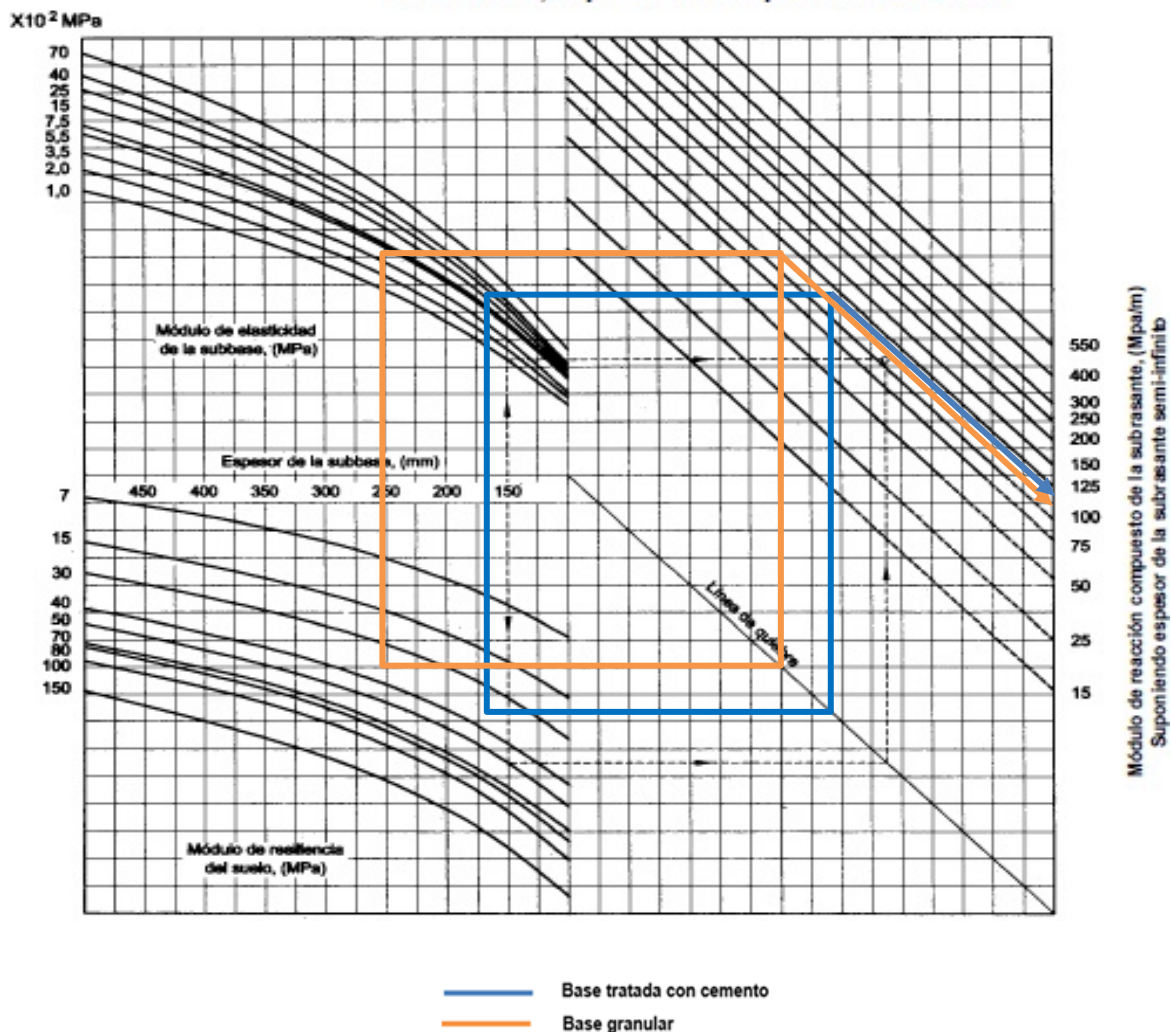


Ilustración 33. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

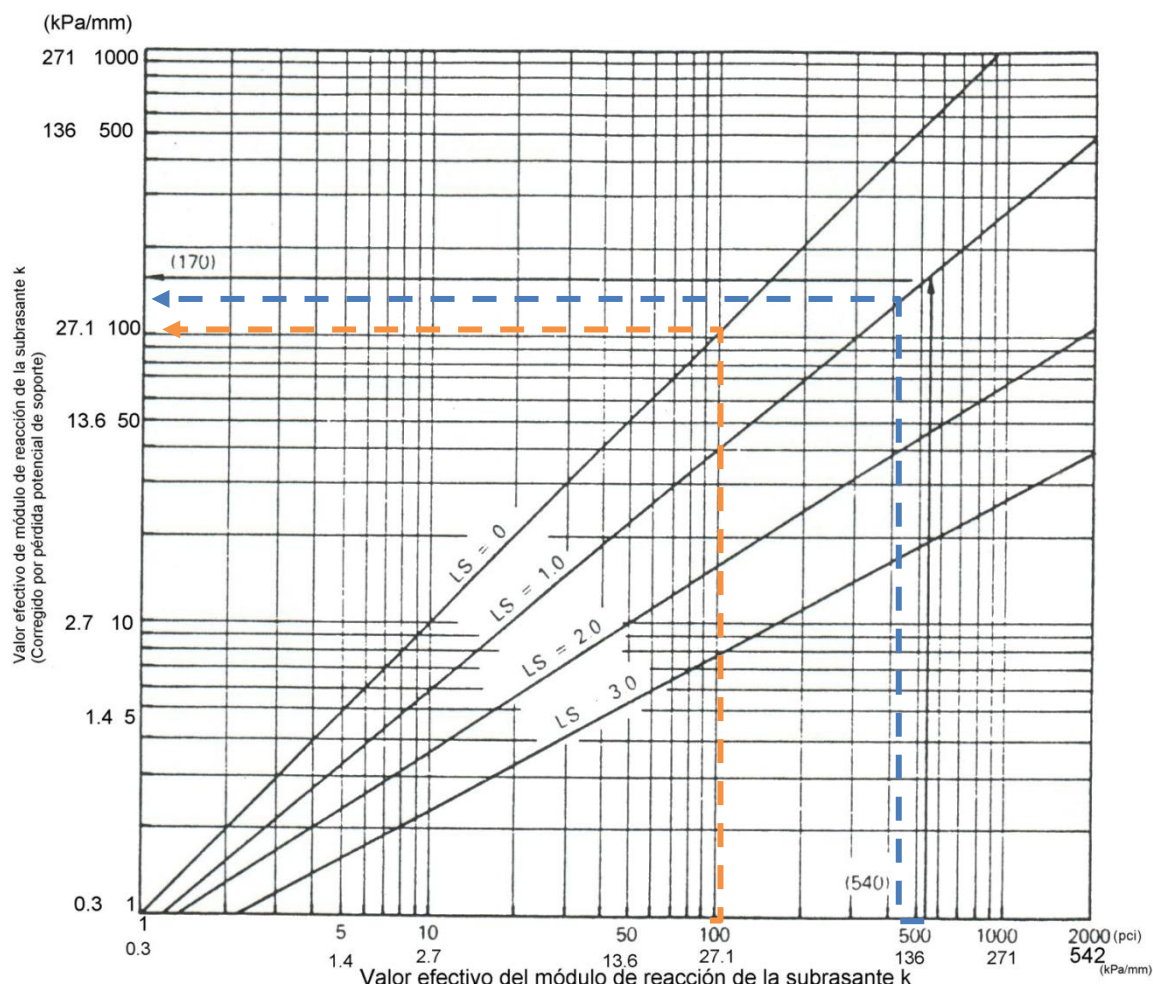


Ilustración 34. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO)

A partir de lo anterior y con el fin de brindar espesores de capa constructivos, se empleará una capa Subbase reciclada (AR-SBG).

CAPA	E (psi)	ESPESOR	k
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Estabilizada con cemento 5%	37000	16 cm	125 pci
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	15000	25 cm	115 pci

Tabla 34. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

Las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. Metodología PCA

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	2.345.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 35. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

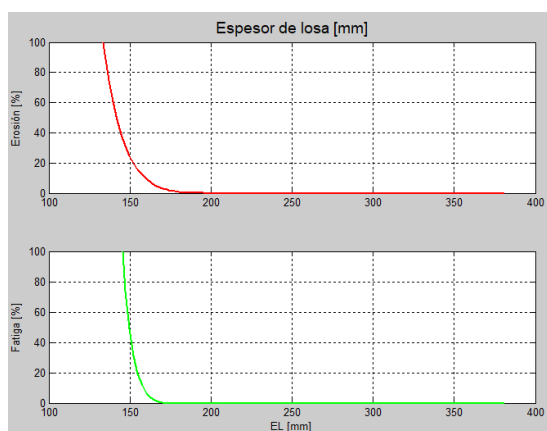
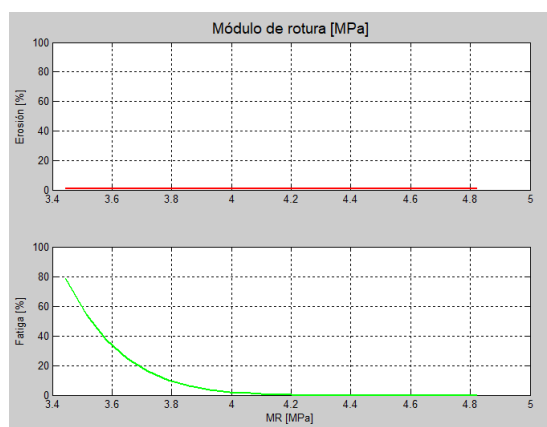
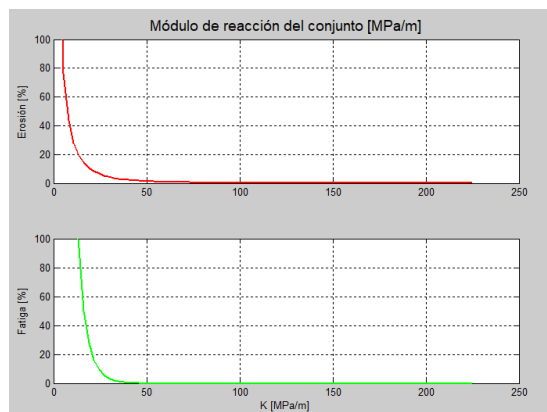
ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	6.15

Esesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	65	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	0.78	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 35. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	54	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	2.94	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 39. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

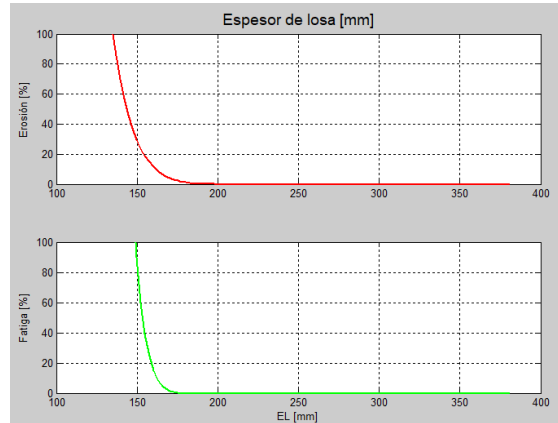


Ilustración 40. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

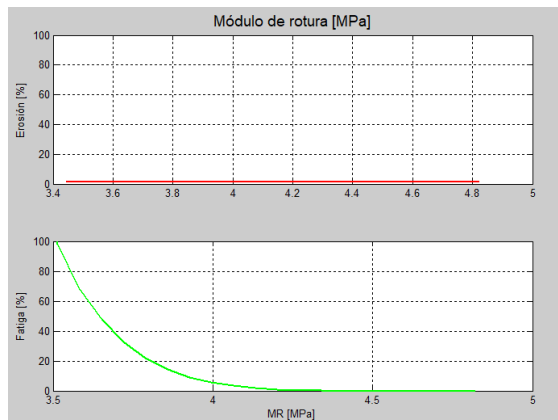


Ilustración 41. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

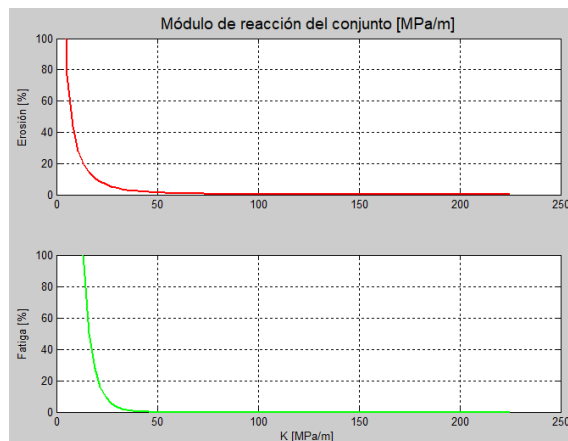


Ilustración 42. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3524.42 PSI	

Tabla 36. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de la tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3524.42 PSI	

Tabla 37. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.
- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 38. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

Tabla 39. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. Características Geométricas de la Losa

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- a) Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

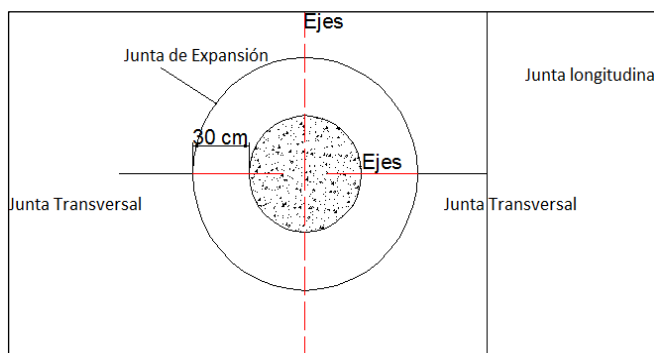


Ilustración 43. Junta en pozos

- b) Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

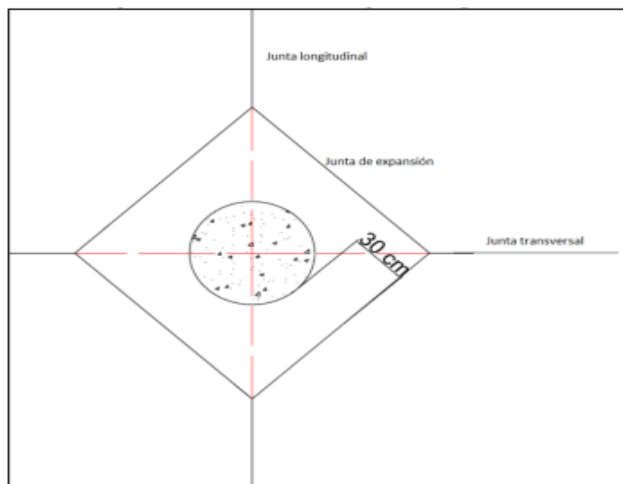


Ilustración 44. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

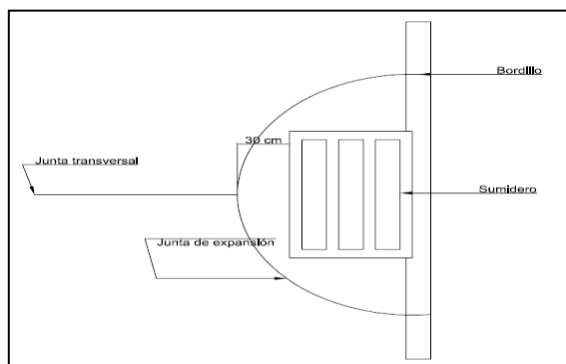


Ilustración 45. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	7/8"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

Tabla 40. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 41. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 42. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

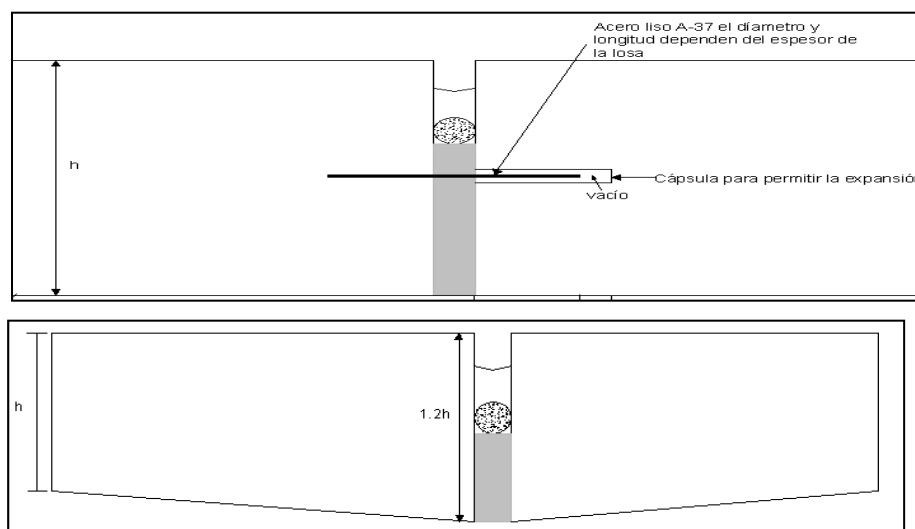


Ilustración46. Detalle Junta de expansión

7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.

- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición , relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Transporte:** la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.
- Extensión de la mezcla: la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.

- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisonos, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media–alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Tabla 43. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.

- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de la sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.
- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.
- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.
- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 44. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

Cemento (5% en peso):

Cemento = 0.05×2052 kg = 102.6 kg/m³ = 100 kg/m³

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

Aditivo liquido lónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo liquido Ionico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0004-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008582, 8008637, 8009019, 8006739 Y 8007698.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008582, 8008637, 8009019, 8006739 Y 8007698, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para cinco (5) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8006739	CL 38B S	Sin Establecer	KR 78C
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008637	CL 40 H SUR	KR 73 C	KR 74
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008582	KR 74	TV 74	-

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8007698	KR 72QBIS	CL 37C S	CL 38 S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8009019	KR 72PBIS	KR 72 Q	CL 40C S

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de **vía**, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008582, 8008637, 8009019, 8006739 Y 8007698”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	15	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10159.4 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3524.42 PSI

Julián Alberto Barriga
Ingeniero civil
Esp. Pavimentos

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8008582, 8008637, 8009019, 8006739 Y 8007698.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S
8010695, 8010914 Y 8010826**

BOGOTÁ D.C., ENERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. GENERALIDADES	12
2.1 Metodología	12
2.2 Normatividad Consultada	13
2.3 Condiciones Climáticas	13
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales	15
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI	17
4. TRÁNSITO DE DISEÑO	19
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	22
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	25
5.1 Estratigrafía	27
5.2 Nivel freático	28
5.3 Ensayos de caracterización física	28
5.4 Análisis de potencial de expansión	31
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	36
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	37
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	44
5.6. Mejoramiento de la subrasante	46
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE	48
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	48
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)	49

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	50
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	53
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	55
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	62
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	64
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	65
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	68
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	68
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	70
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	73
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	73
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	77
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	77
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	78
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	79

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

80

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	87
7.3. Metodología PCA.....	92
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido.....	97
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda.....	97
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5%con cemento y mejoramiento con geocelda ...	98
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	99
7.6. Características Geométricas de la Losa	103
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	103
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	105
7.9. Juntas de Transferencia.....	105
7.10. Juntas de Expansión.....	106
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	106
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	108
8.1. Equipos para los materiales granulares	109
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	113
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	115
9. CONCLUSIONES.....	117
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	119

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	16
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	18
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010695 (Fuente: Propia)	18
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010914 (Fuente: Propia)	18
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010826 (Fuente: Propia)	18
Tabla 6. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	20
Tabla 7. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia).....	22
Tabla 8. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	24
Tabla 9. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	25
Tabla 10. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	29
Tabla 11. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	31
Tabla 12. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	32
Tabla 13. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia) 32	
Tabla 14. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	32
Tabla 15. Potencial de cambio volumétrico Lambe	33
Tabla 16. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	45
Tabla 17. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	45
Tabla 18. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	46
Tabla 19. Propiedades mecánicas de los materiales	57
Tabla 20. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)64	
Tabla 21. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	67
Tabla 22. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia).....	69

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 23. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	70
Tabla 24. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)	72
Tabla 25. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)	72
Tabla 26. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)	72
Tabla 27. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	73
Tabla 28. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	73
Tabla 29. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	76
Tabla 30. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	77
Tabla 31. Propiedades mecánicas de los materiales	83
Tabla 32. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	90
Tabla 33. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	92
Tabla 34. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	97
Tabla 35. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	98
Tabla 36. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	102
Tabla 37. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	103
Tabla 38. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002	105
Tabla 39. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002	105

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 40. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	105
Tabla 41. Alternativa recomendada Fuente Propia.	119
Tabla 42. Espesor de GCR.....	121

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)	14
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	16
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8010695. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)....	16
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8010914. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)....	17
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8010826. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)....	17
Ilustración 6. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	26
Ilustración 7. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	27
Ilustración 8. Resumen resultados de laboratorio	28
Ilustración 9. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	30
Ilustración 10. Criterio 2, análisis de expansión.	32
Ilustración 11. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	32
Ilustración 12. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	33
Ilustración 13. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	36
Ilustración 14. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	37
Ilustración 15. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	39
Ilustración 16. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	41

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 17. Geostintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	44
Ilustración 18. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	50
Ilustración 19. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	52
Ilustración 20. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	52
Ilustración 21. Gráfica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	54
Ilustración 22. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	55
Ilustración 23. Gráfica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	63
Ilustración 24. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93).....	65
Ilustración 25. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	66
Ilustración 26. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	67
Ilustración 27. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	71
Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	79
Ilustración 29. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	80
Ilustración 30. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	89
Ilustración 31. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	90
Ilustración 32. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	93
Ilustración 33. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	94
Ilustración 34. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	94
Ilustración 35. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	94
Ilustración 36. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	95
Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	96
Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	96

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

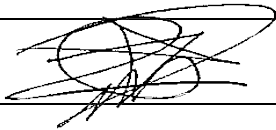
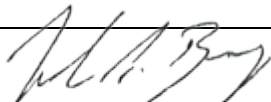
Ilustración 39. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	96
Ilustración 40. Junta en pozos	103
Ilustración 41. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	104
Ilustración 42. Junta en Sumideros	104
Ilustración43. Detalle Junta de expansión	106

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	28/01/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8010695, 8010914 y 8010826 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

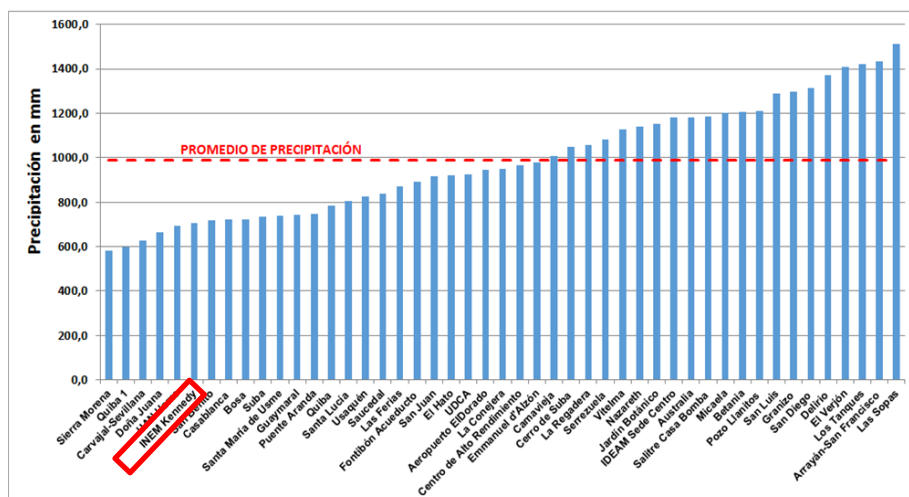
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



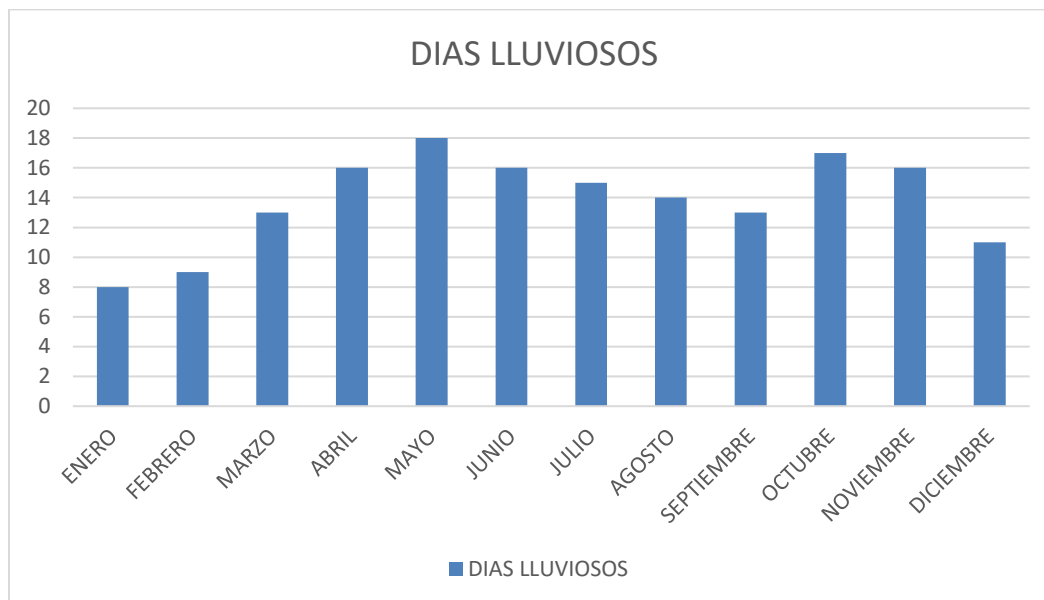
	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en la UPL CARVAJAL y se catalogan como malla vial local. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

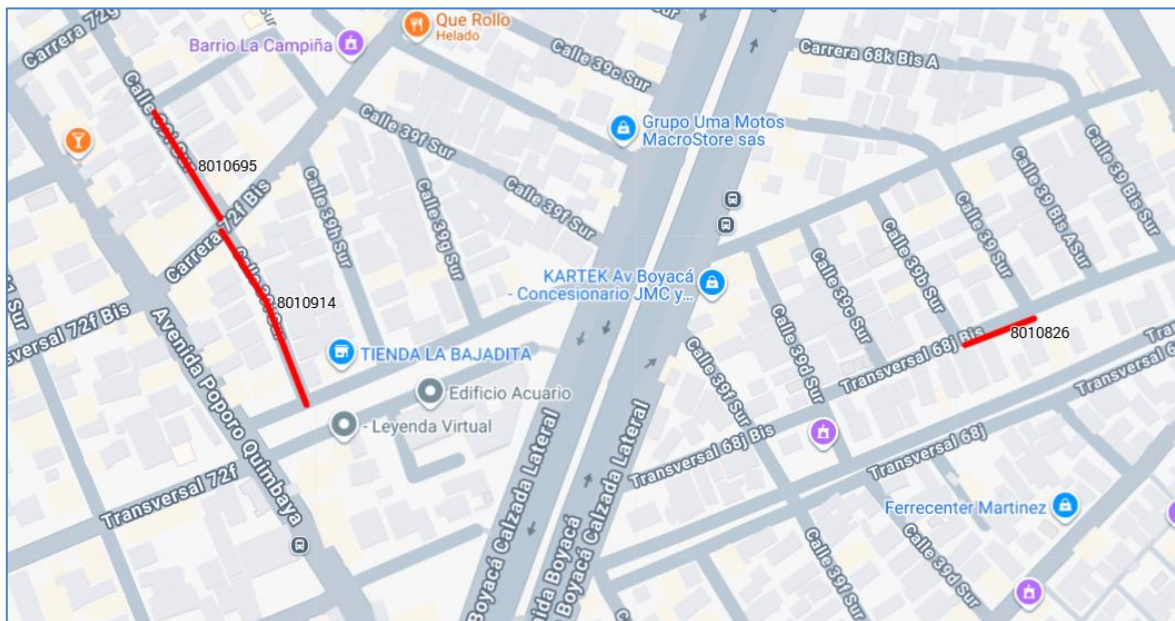


Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8010914	CL 39I S	TV 72F	KR 72FBIS	635.63
8010695	CL 39I S	KR 72FBIS	KR 72FBISA	423.41
8010826	TV 68JBIS	CL 39A S	CL 39B S	253.88

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)

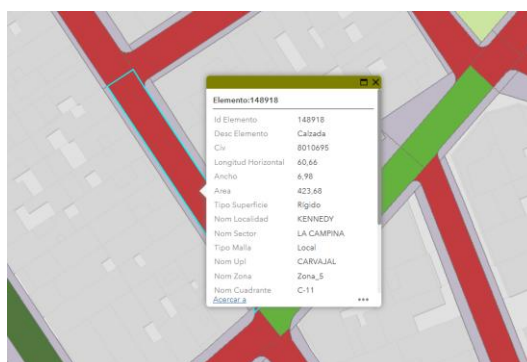


Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8010695. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

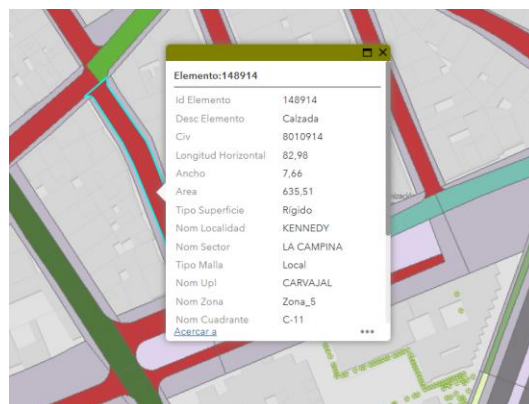


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8010914. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

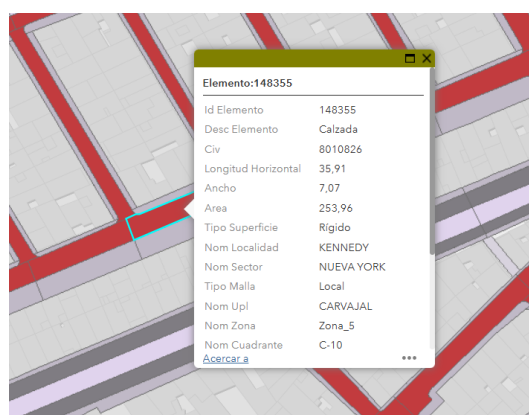


Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8010826. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8010914	CL 39I S	TV 72F	KR 72FBIS	RECONSTRUCCIÓN
8010695	CL 39I S	KR 72FBIS	KR 72FBISA	RECONSTRUCCIÓN
8010826	TV 68JBIS	CL 39A S	CL 39B S	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010695 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010914 (Fuente: Propia)



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 8010826 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla Local, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T1-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000 para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 6. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 50 diarios definido para la categoría T1-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías locales no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

tal motivo, el empleo de la categoría T1-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial local y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

Adicionalmente, la categoría T1-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías locales se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T1-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T1-1 en vías locales sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla local, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Con base en la información obtenida se determina que una categoría T1-1 de acuerdo a categoría IDU, por lo cual, será usado el tráfico obtenido de la proyección que corresponde a 2.345.000 Ejes equivalentes.

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8010914	CL 39I S	TV 72F	KR 72FBIS	LOCAL	615.000	2.345.000
8010695	CL 39I S	KR 72FBIS	KR 72FBISA	LOCAL	615.000	2.345.000
8010826	TV 68JBIS	CL 39A S	CL 39B S	LOCAL	615.000	2.345.000

Tabla 7. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 2.345.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 2.345.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	113.280
Eje simple	60 kN	226.560
Eje simple	70 kN	283.199
Eje simple	80 kN	283.199
Eje simple	90 kN	169.920
Eje simple	100 kN	56.640
Eje tandem	100 kN (grupo)	72.087
Eje tandem	120 kN (grupo)	180.218
Eje tandem	140 kN (grupo)	216.261

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Eje tándem	160 kN (grupo)	180.218
Eje tándem	180 kN (grupo)	72.087
Eje trídem	150 kN (grupo)	20.596
Eje trídem	180 kN (grupo)	51.491
Eje trídem	210 kN (grupo)	61.789
Eje trídem	240 kN (grupo)	51.491
Eje trídem	270 kN (grupo)	20.596

Tabla 8. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W18 \approx 2.345.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8010914	4°37'15"N 74°09'07"W
8010695	4°36'49"N 74°09'20"W
8010826	4°36'49"N 74°09'20"W

Tabla 9. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

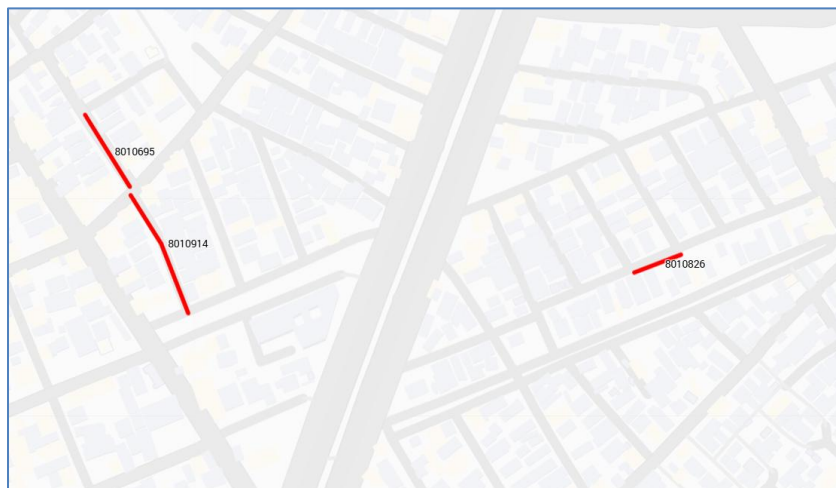


Ilustración 6. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

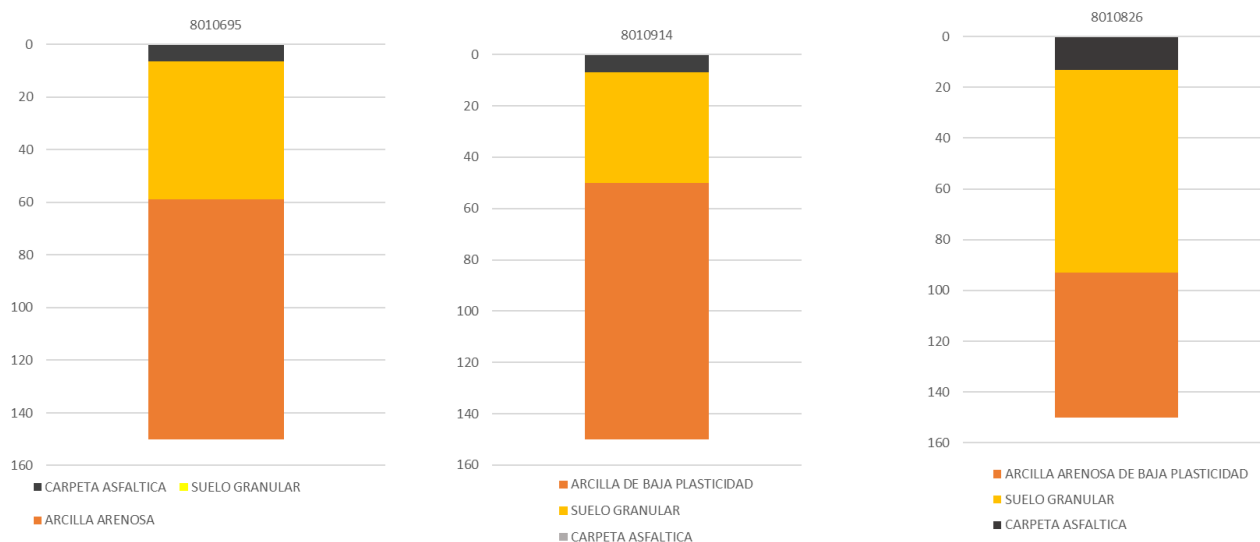


Ilustración 7. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

- En el apique 8010695 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta asfáltica de 6,5 cm, seguida de una capa de suelo granular de 52,5 cm y una capa de arcilla arenosa de 91 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- En el apique 8010914 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 7 cm, una capa de suelo granular de 43 cm y una capa de arcilla de baja plasticidad de 100 cm.
- En el apique 8010826 se identificó un perfil estratigráfico constituido por una capa de carpeta asfáltica de 13 cm, una capa de suelo granular de 80 cm y una capa de arcilla arenosa de baja plasticidad de 57 cm.

APIQUE	Profundidad desde (m)	Profundidad hasta (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LC	EXPANSION CBR(%)	CBR-NATURAL (%)	CBR SUMERGIDO (%)
8010695	0,065	0,59	GM	-	-	-	-	50,1	28,7	21,2	-			
	0,59	1,5	CL	29	15	14	14,87	7,3	31,2	61,5	12	0,42	2,21	1,47
8010914	0,07	0,5	GM	-	-	-	-	47,5	27,3	25,1	-			
	0,5	1,5	CL	31	17	14	17,65	0	13,8	86,2	14	0,35	1,45	0,96
8010826	0,93	1,5	CL	35	15	20	14,99	7,3	32,2	60,6	11	0,39	2,51	1,67

Ilustración 8. Resumen resultados de laboratorio

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8010695	8010914	8010826
Profundidad (m)	0.65 - 1.50	0.50 - 1.50	0.93 - 1.50
Clasificación U.S.C.S.	CL	CL	CL
Límite líquido (%)	29	31	35
Límite plástico (%)	15	17	15
Índice de plasticidad	14	14	20
Humedad natural (%)	14,87	17,65	14,99
Gravas (%)	7,3	0	7,3

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Característica	8010695	8010914	8010826
Arenas (%)	31,2	13,8	32,1
Finos (%)	61,5	86,2	60,6
Expansión CBR (%)	0,42	0,35	0,39
Límite de contracción	12	14	11

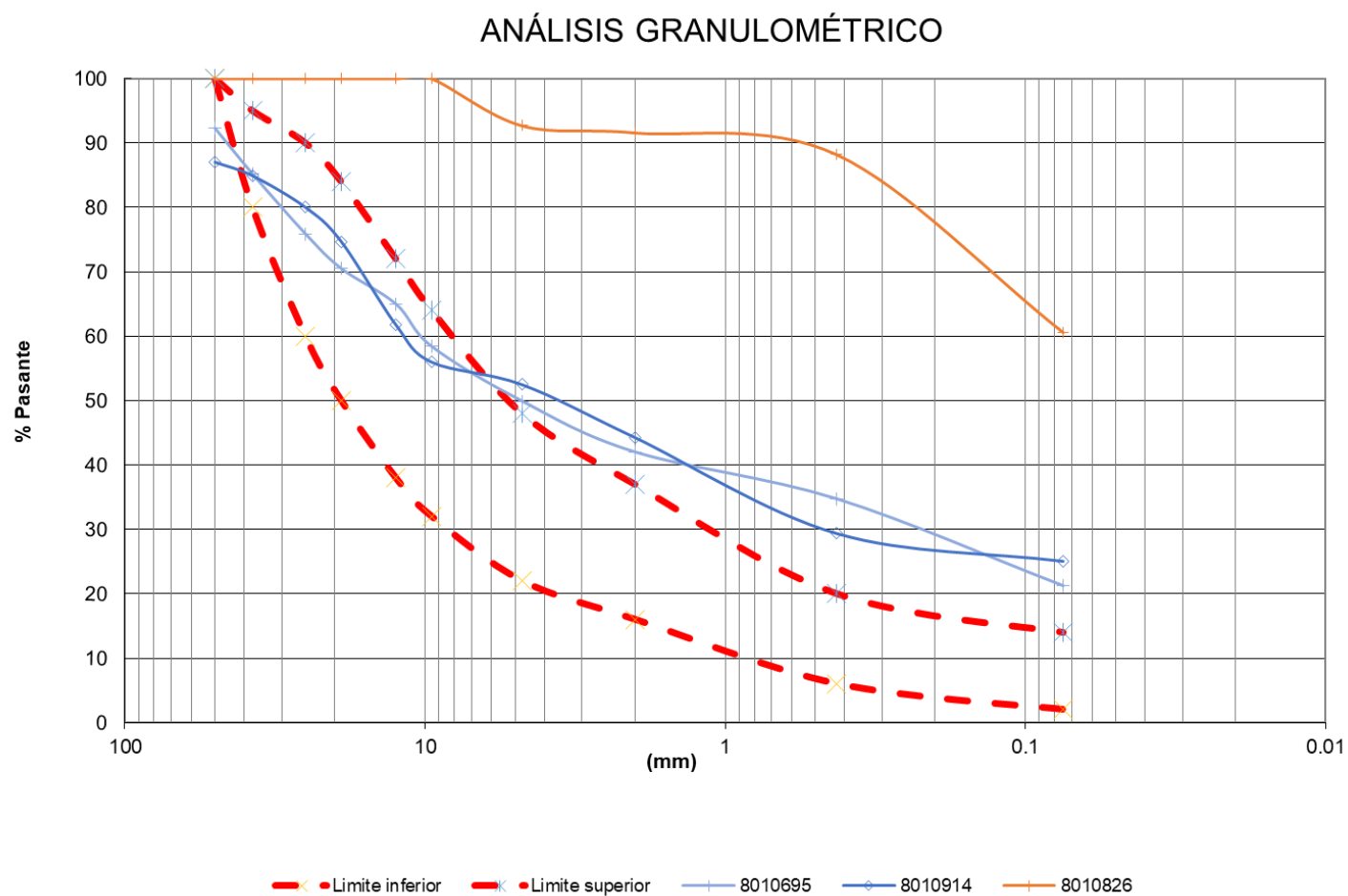
Tabla 10. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8010914	CL 39I S	TV 72F	KR 72FBIS	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8010695	CL 39I S	KR 72FBIS	KR 72FBISA	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8010826	TV 68JBIS	CL 39A S	CL 39B S	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 11. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 12. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

CIV	PROFUNDIDAD (m)	Expansión CBR (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8010695	0.65 - 1.50	0,42	Bajo	29	Bajo	12	Medio	14	Medio	61,5	Muy alto
8010914	0.50 - 1.50	0,35	Bajo	31	Bajo	14	Bajo	14	Medio	86,2	Muy alto
8010826	0.93 - 1.50	0,39	Bajo	35	Bajo	11	Medio	20	Medio	60,6	Muy alto

Tabla 13. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 10. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8010695	0.65 - 1.50	CL	29	15	14	14,87	61,5	12	Bajo	Alto	Bajo
8010914	0.50 - 1.50	CL	31	17	14	17,65	86,2	14	Bajo	Alto	Bajo
8010826	0.93 - 1.50	CL	35	15	20	14,99	60,6	11	Medio	Muy alto	Medio

Tabla 14. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

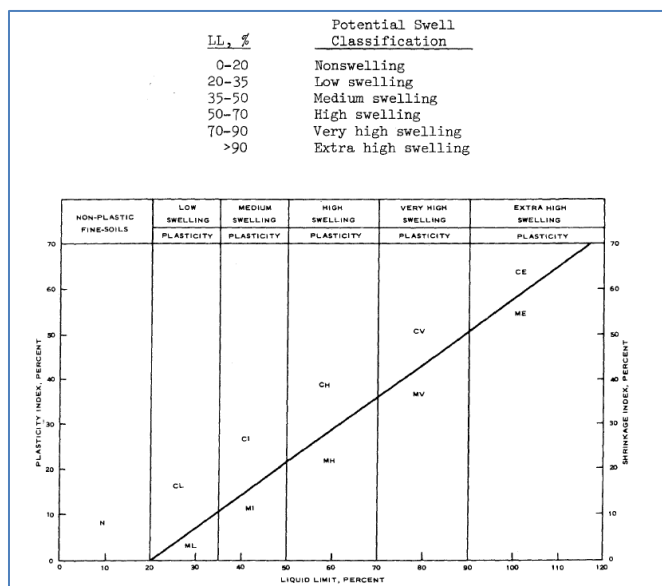


Ilustración 11. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

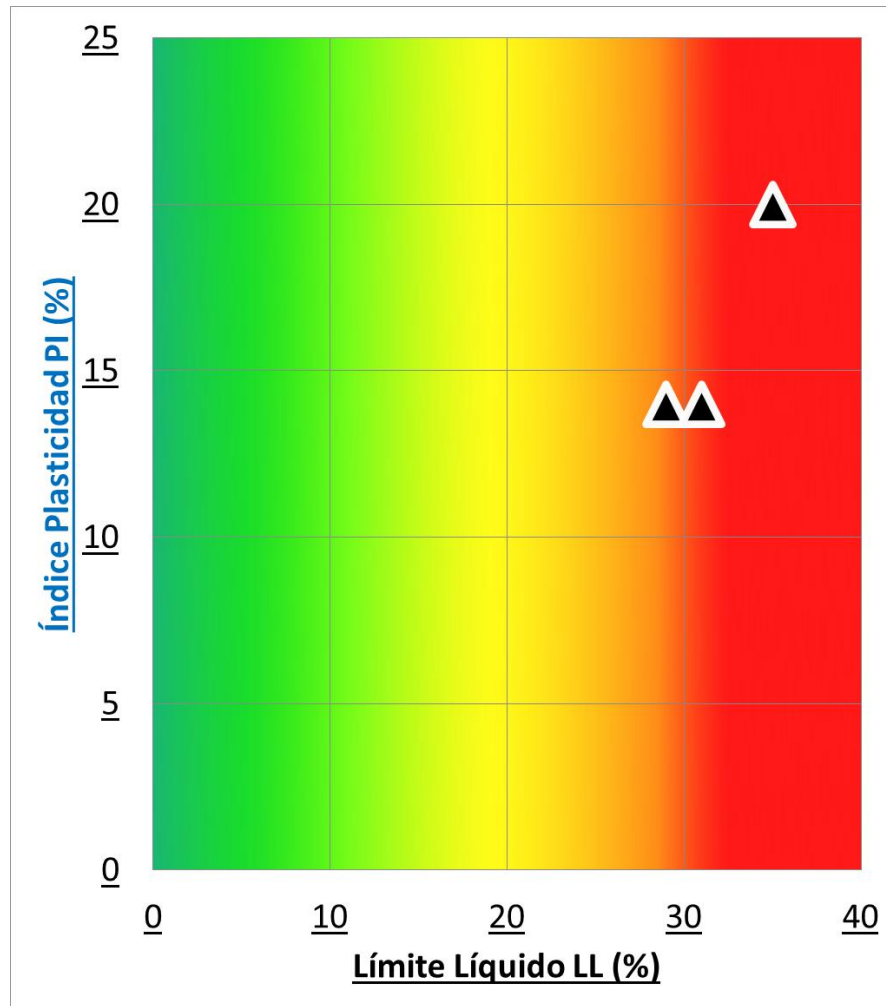


Ilustración 12. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumétrico	Categoría CVP
8010695	4,5	Crítica
8010914	5,3	Crítica
8010826	5,5	Crítica

Tabla 15. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 31 % y 39 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 15 % y 22 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra, del orden del 60 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus Límite Líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 15 % y 17 %, combinados con

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante,

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

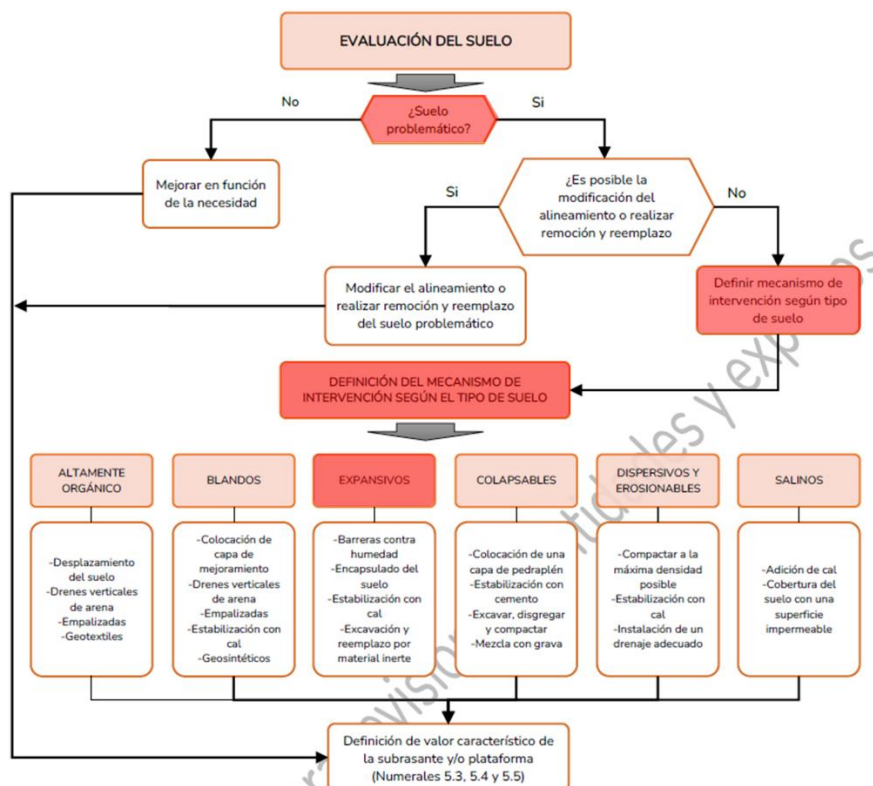


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 13. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,24 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

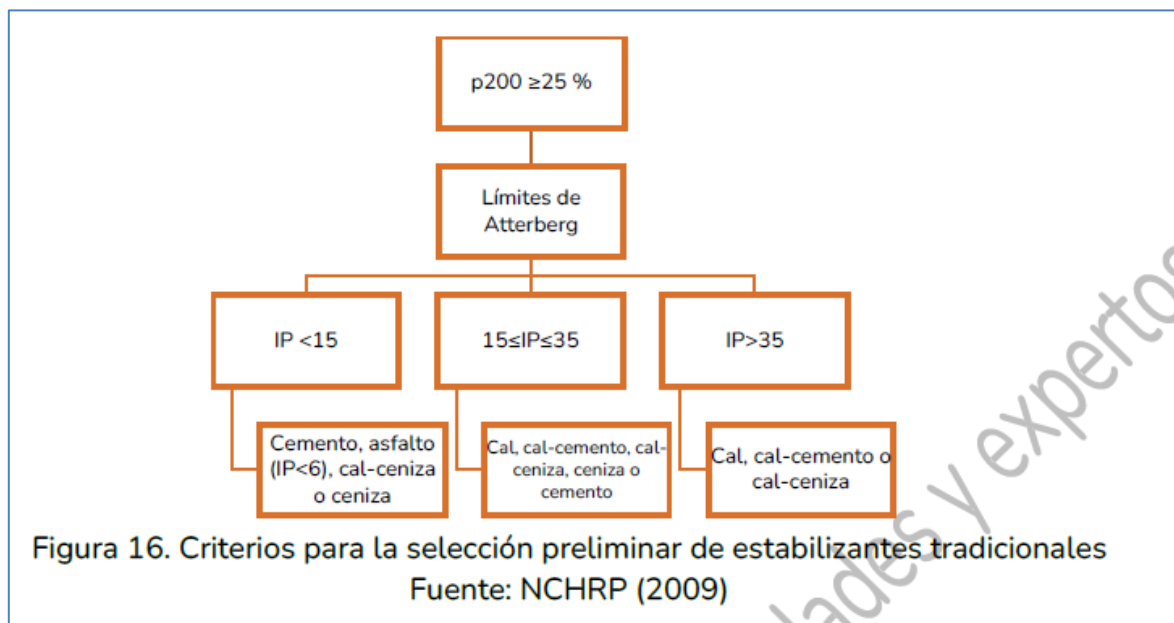


Ilustración 14. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.
 - Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atraviese el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

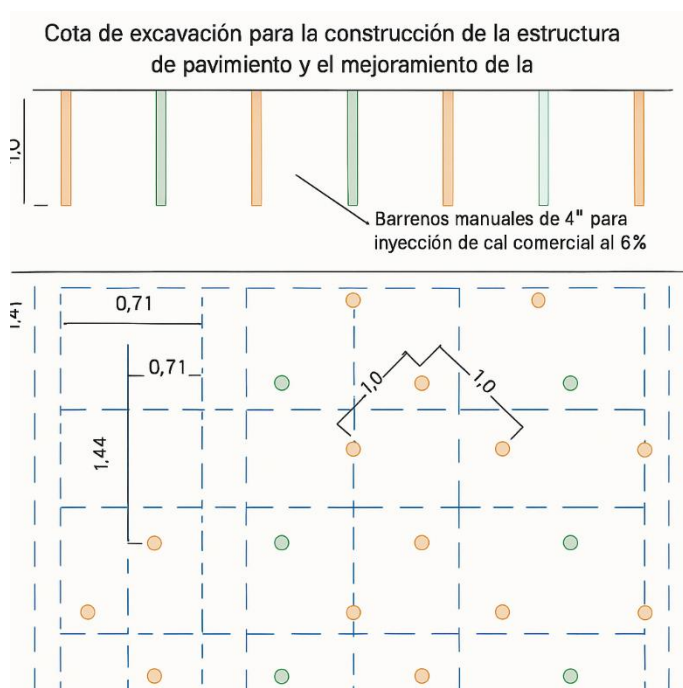


Ilustración 15. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

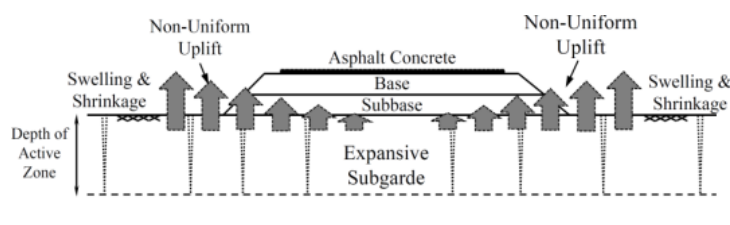


Ilustración 16. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

– Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apiqe muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

– Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 17. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
8010695	2,21	1,47
8010914	1,45	0,96
8010826	2,51	1,67
Promedio	2,06	1,37

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
Desviación estándar	0,55	0,37
Percentil 75	2,36	1,57

Tabla 16. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR (%)	MPa	Mr kg/cm2	PSI
1,57	11,78	120,07	1707,82

Tabla 17. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 18. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi.

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	10

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	1,57	120,07	1707,82
Subrasante mejorada con Geocelda	4,73	472,81	6724,9

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 10 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

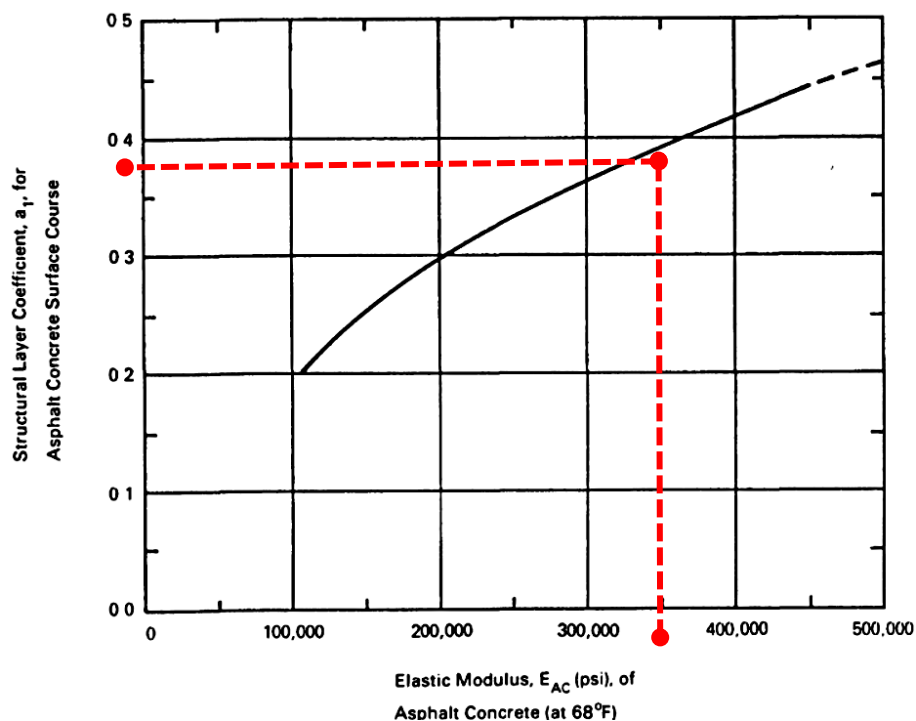


Ilustración 18. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfáltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

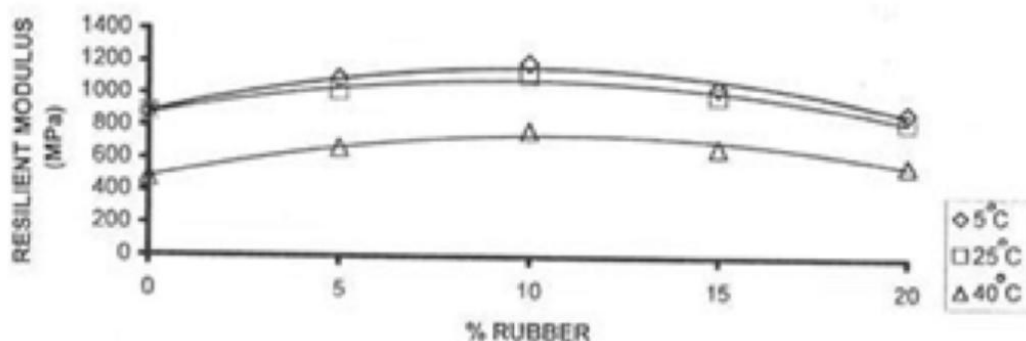


Ilustración 19. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

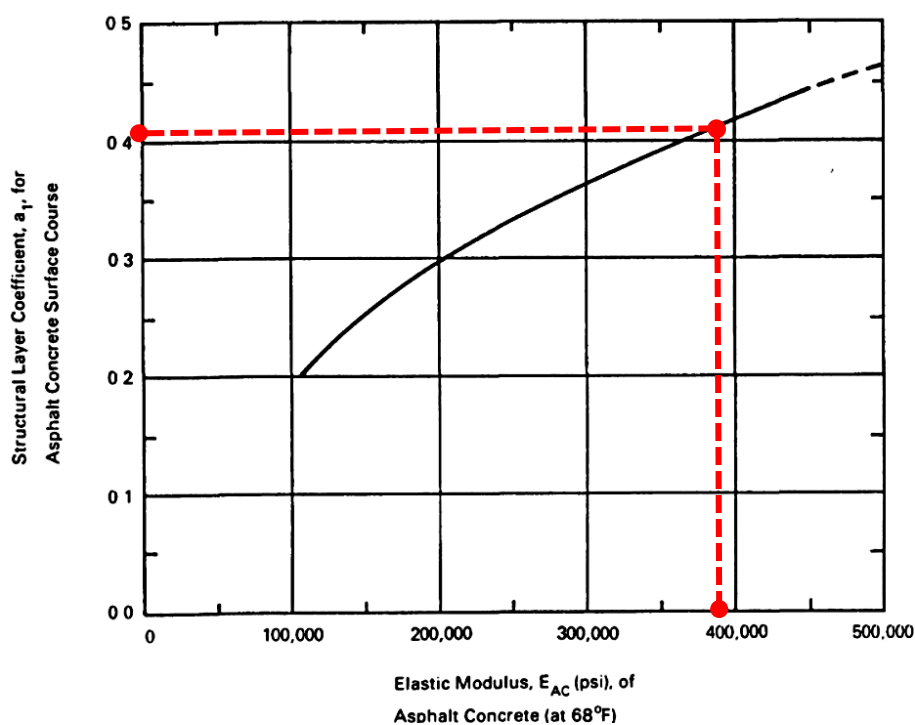


Ilustración 20. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Ilustración 21. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 22. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 19. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m3 de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

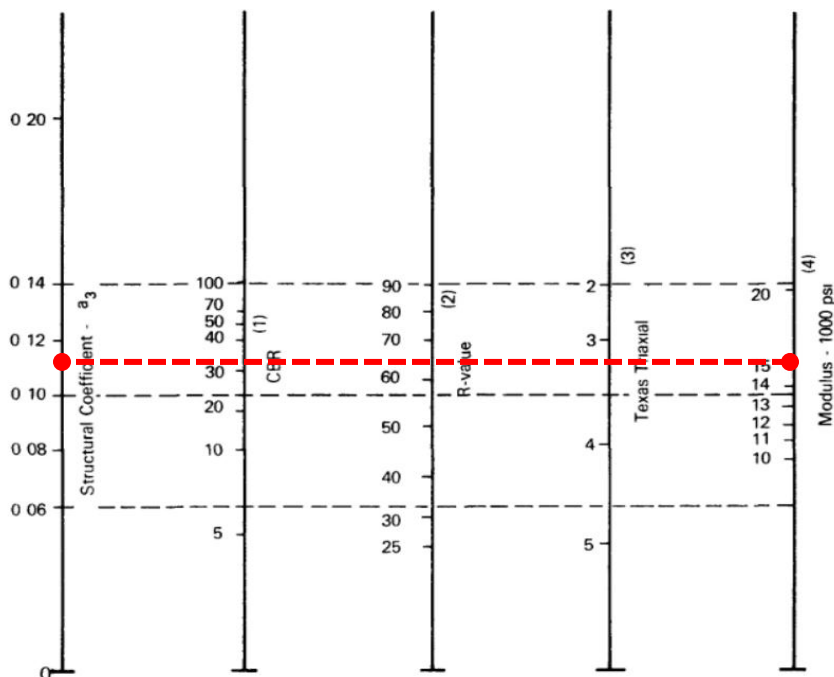


Ilustración 23. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 20. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots + \dots a_i m_i D_i$$

Dónde: a_i es el coeficiente estructural de la capa

m_i es el coeficiente de drenaje de la capa

D_i es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 24. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 25. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 26. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	615.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	3.0

Tabla 21. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPEJOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	16	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			1707.82 PSI

Tabla 22. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	17	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			1707.82 PSI

Tabla 23. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL COEFICIENTES DE CALAGE			
		MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
AUTOREPARACION DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES			
DISTRIBUCION LATERAL DE LAS CARGAS	K2	CUALQUIERA 2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DIA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 27. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm2)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
4.42E-04	7.71E-04	1.62E+00

Tabla 24. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm2
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 25. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm2)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 26. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.70E-04	5.01E-04	7.57E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 27. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.21E-04	4.80E-04	6.25E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 28. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 29. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h

Tabla 30. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 -

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. **Mezcla asfáltica MD-19**

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

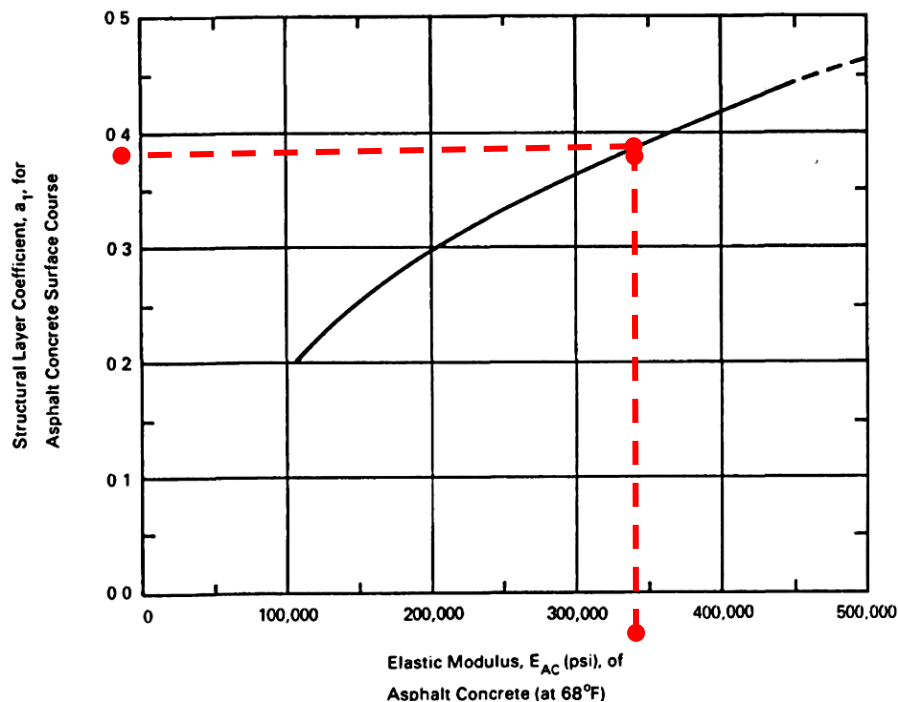


Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

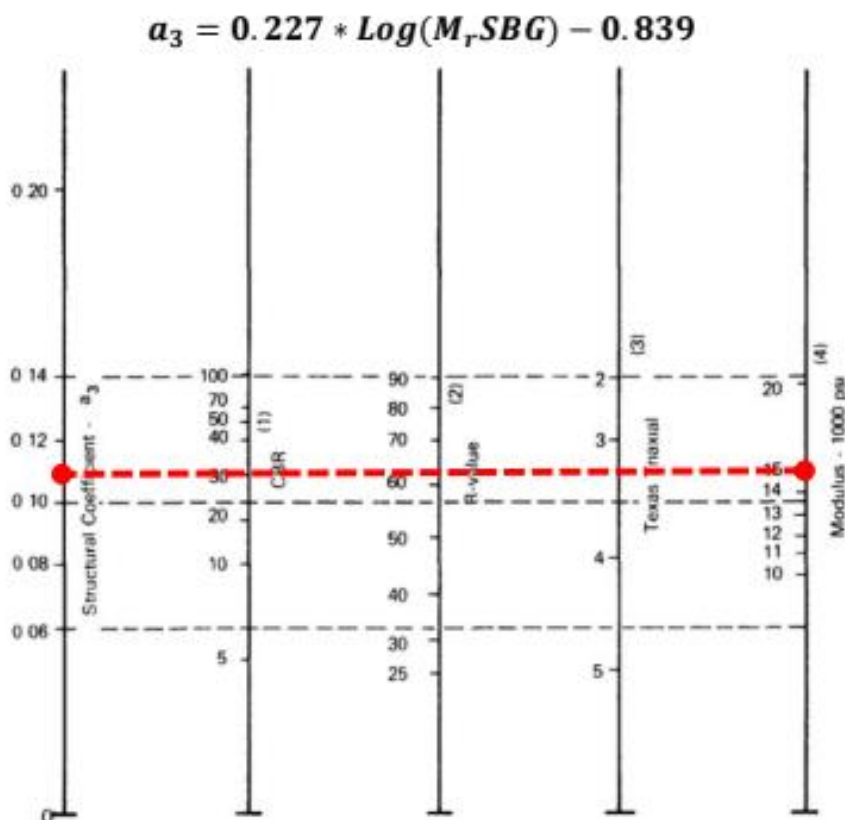


Ilustración 29. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor Mr convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. **Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante**

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 31. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

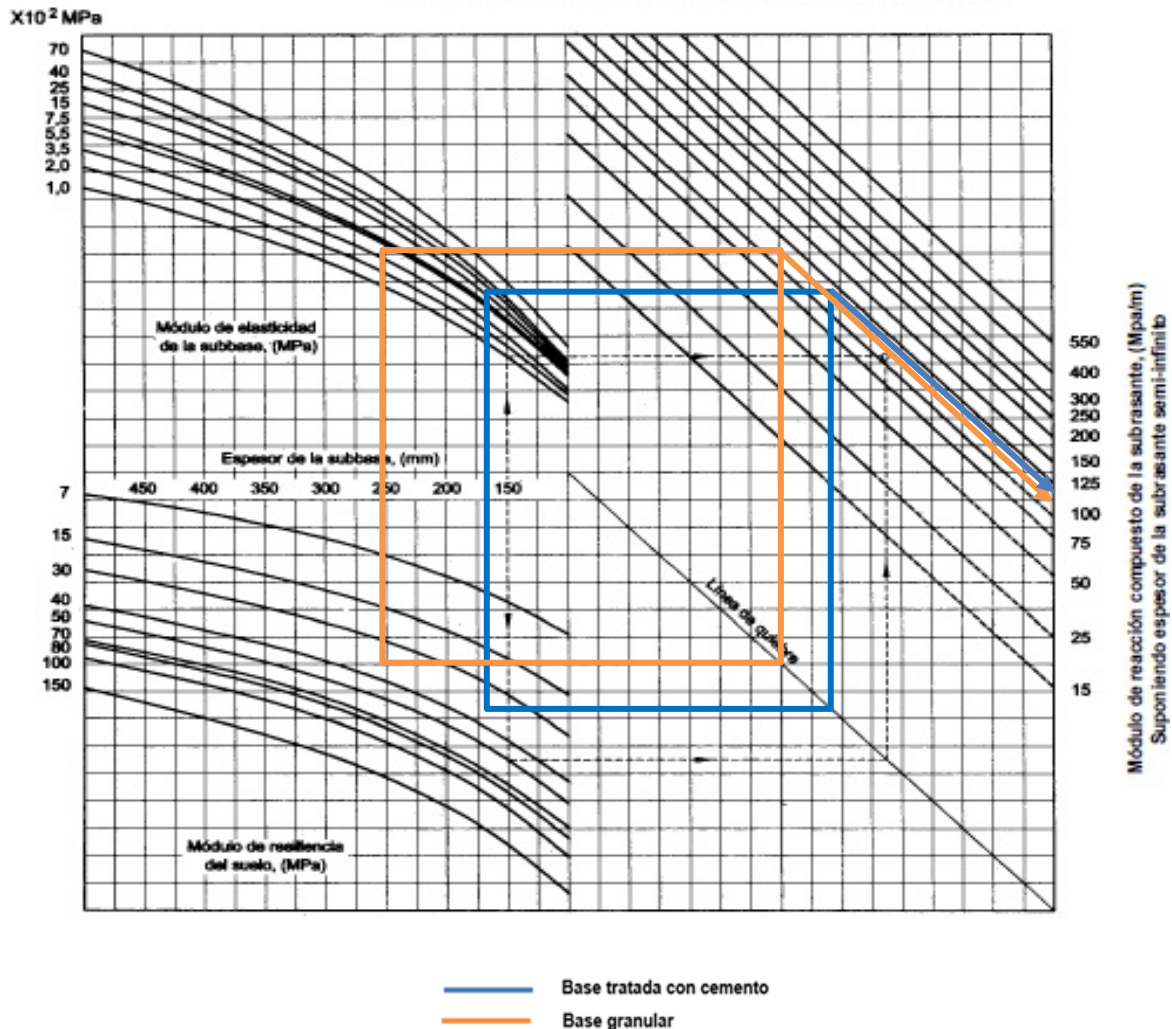


Ilustración 30. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

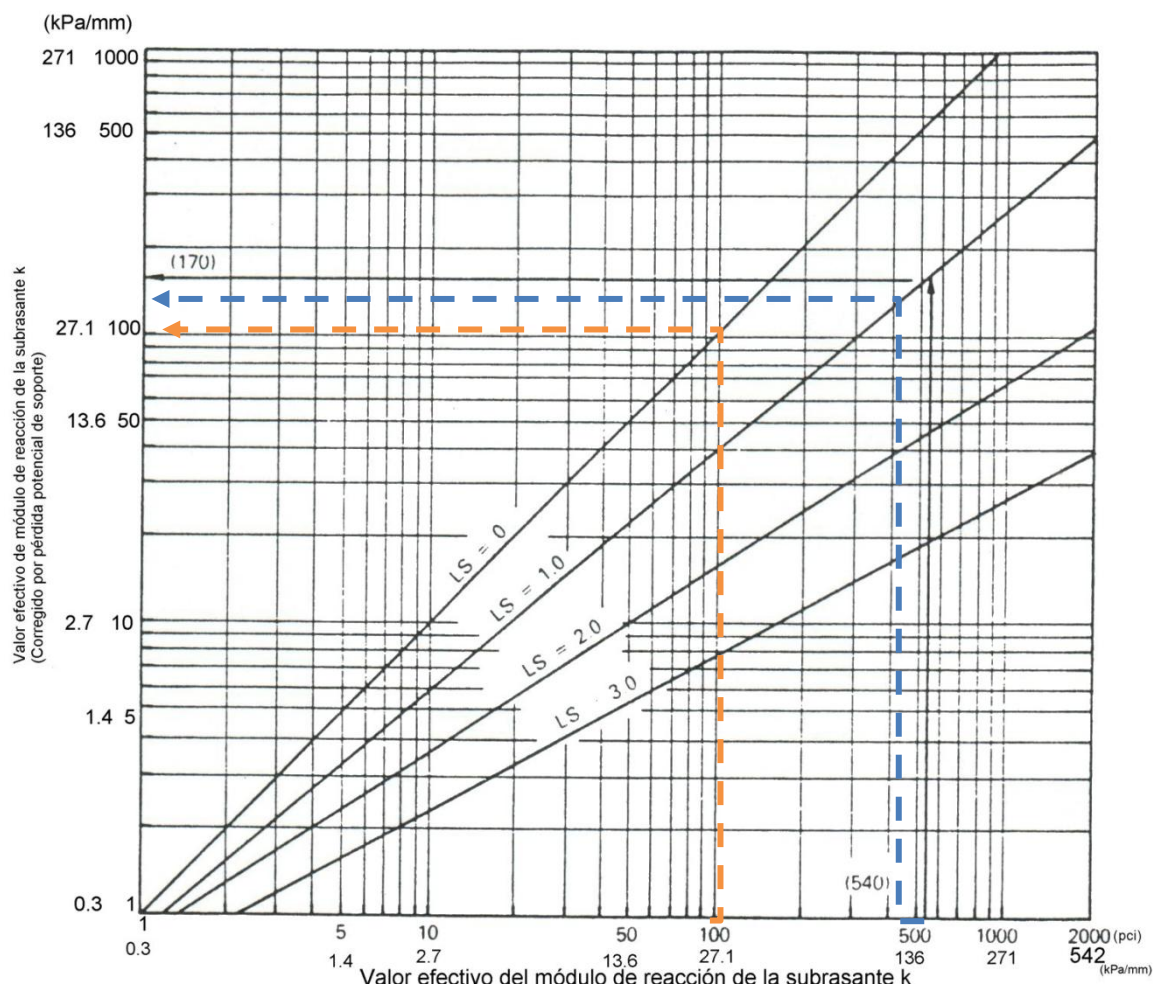


Ilustración 31. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO)

A partir de lo anterior y con el fin de brindar espesores de capa constructivos, se empleará una capa Subbase reciclada (AR-SBG).

CAPA	E (psi)	ESPESOR	k
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Estabilizada con cemento 5%	37000	16 cm	125 pci
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	15000	25 cm	115 pci

Tabla 32. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

Las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. Metodología PCA

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	2.345.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 33. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	6.15

Esesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	65	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	0.78	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 32. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

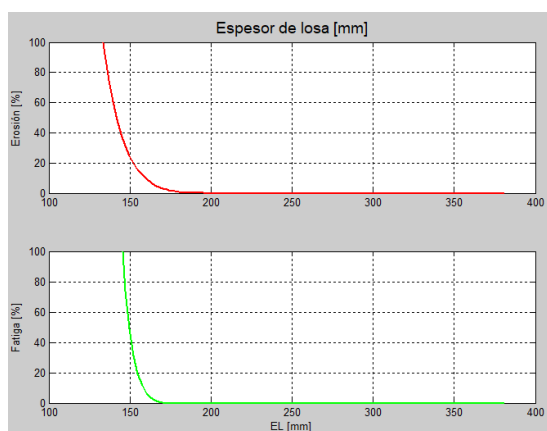


Ilustración 33. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

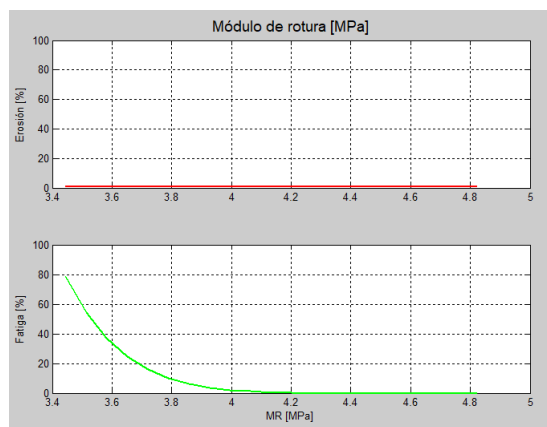


Ilustración 34. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

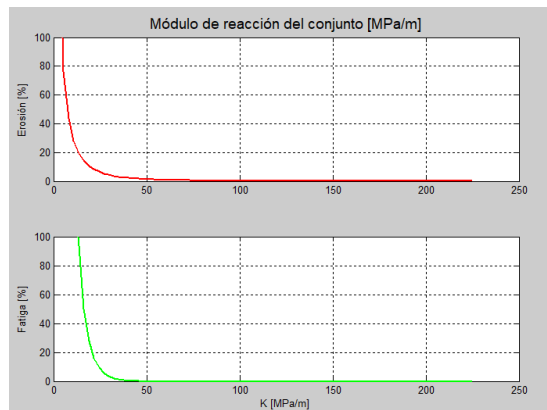


Ilustración 35. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	18 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	6.15

Espesor de losa :	180	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	54	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	2.94	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.22	cm

Ilustración 36. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

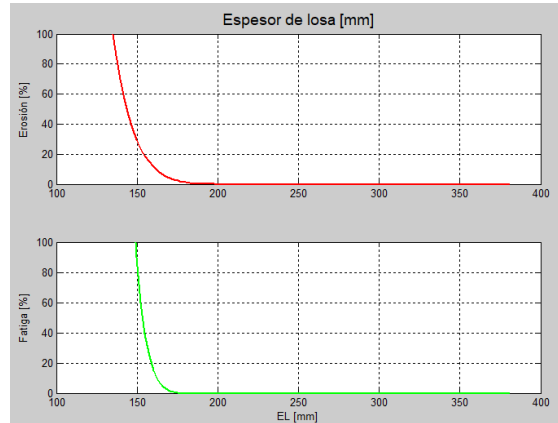


Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

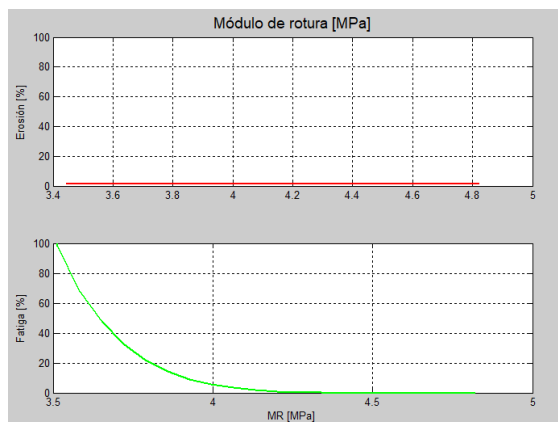


Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

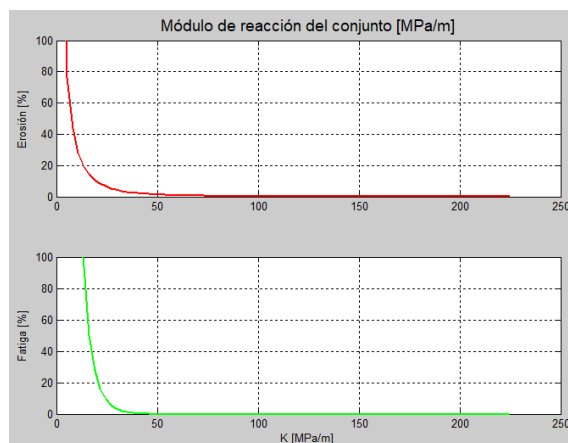


Ilustración 39. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	1707.82 PSI	

Tabla 34. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	18	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	1707.82 PSI	

Tabla 35. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.
- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95%

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 36. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Tabla 37. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. **Características Geométricas de la Losa**

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

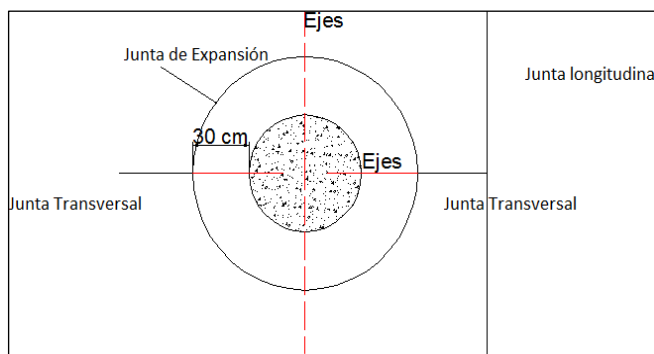


Ilustración 40. Junta en pozos

- Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

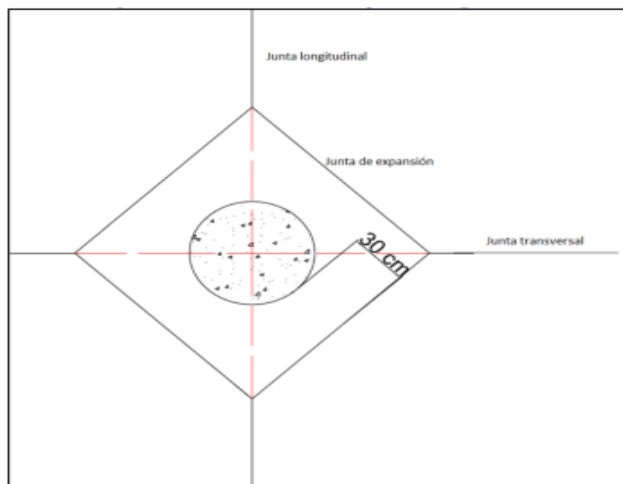


Ilustración 41. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

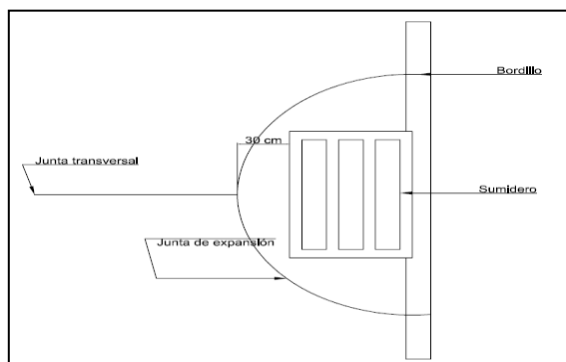


Ilustración 42. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	7/8"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

Tabla 38. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	9
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 39. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.18 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 40. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

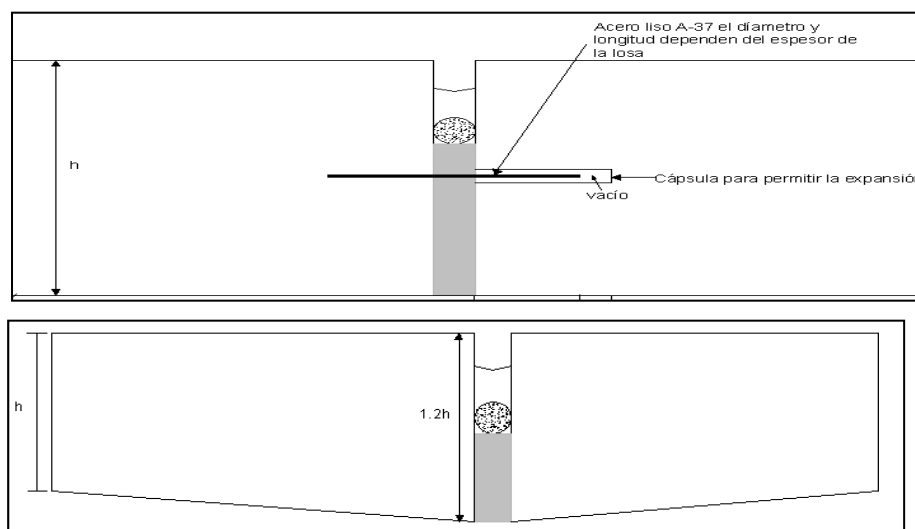


Ilustración43. Detalle Junta de expansión

7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.

- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de la sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Transporte:** la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.
- Extensión de la mezcla: la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.

- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisonos, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media–alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	17	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			1707.82 PSI

Tabla 41. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.

- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de la sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.
- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.
- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.

- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.
- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 42. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Cemento (5% en peso):

$$\text{Cemento} = 0.05 \times 2052 \text{ kg} = 102.6 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^3$$

Aditivo líquido lónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo líquido lónico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0005-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8010695, 8010914 Y 8010826.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8010695, 8010914 Y 8010826, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para tres (3) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8010914	CL 39I S	TV 72F	KR 72FBIS
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8010695	CL 39I S	KR 72FBIS	KR 72FBISA
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8010826	TV 68JBIS	CL 39A S	CL 39B S

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de vía, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8010695, 8010914 Y 8010826”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN N IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	17	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ≥ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR- SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	25	412-18	6724.9 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			1707.82 PSI

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir

Julián Alberto Barriga
Ingeniero civil
Esp. Pavimentos

CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8010695, 8010914 Y 8010826.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8008578, 8008835

BOGOTÁ D.C., ENERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. GENERALIDADES	11
2.1 Metodología	11
2.2 Normatividad Consultada	12
2.3 Condiciones Climáticas	12
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales	14
3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI	16
4. TRÁNSITO DE DISEÑO	17
4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA	21
5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	23
5.1 Estratigrafía	25
5.2 Nivel freático	26
5.3 Ensayos de caracterización física	26
5.4 Análisis de potencial de expansión	29
5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas	34
5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción	35
5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	42
5.6. Mejoramiento de la subrasante	44
6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE	46
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	46
6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)	47

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)	48
6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	51
6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante	53
6.1.5. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada	60
6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA	62
6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible	63
6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible	66
6.4.1.Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda	66
6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional	68
6.5.1.Revisión mecanicista de espesores planteados	71
6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción	71
7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO	75
7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	75
7.1.1. Mezcla asfáltica MD-19	76
7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)	77

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

78

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K.....	85
7.3. Metodología PCA.....	90
7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido.....	95
7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda.....	95
7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5%con cemento y mejoramiento con geocelda ...	96
7.5. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.....	97
7.6. Características Geométricas de la Losa	101
7.7. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	101
7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre	103
7.9. Juntas de Transferencia.....	103
7.10. Juntas de Expansión.....	104
7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte	104
8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	106
8.1. Equipos para los materiales granulares	107
8.2. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	111
8.3. Proceso constructivo general para mezclas asfálticas	113
9. CONCLUSIONES.....	115
10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	117

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	15
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	16
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008578 (Fuente: Propia)	17
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008835 (Fuente: Propia)	17
Tabla 5. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	18
Tabla 6. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia).....	20
Tabla 7. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.....	22
Tabla 8. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	23
Tabla 9. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	26
Tabla 10. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	29
Tabla 11. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	29
Tabla 12. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia) 30	
Tabla 13. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	30
Tabla 14. Potencial de cambio volumétrico Lambe	31
Tabla 15. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	43
Tabla 16. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	43
Tabla 17. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	44
Tabla 18. Propiedades mecánicas de los materiales	55
Tabla 19. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)62	
Tabla 20. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)	65
Tabla 21. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia).....	67
Tabla 22. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)	68

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 23. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93).....	70
Tabla 24. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia).....	70
Tabla 25. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93). 70	
Tabla 26. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)	71
Tabla 27. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)	71
Tabla 28. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	74
Tabla 29. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	75
Tabla 30. Propiedades mecánicas de los materiales	81
Tabla 31. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)	88
Tabla 32. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)	90
Tabla 33. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)	95
Tabla 34. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)	96
Tabla 35. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	100
Tabla 36. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	101
Tabla 37. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	103
Tabla 38. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	103
Tabla 39. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	103
Tabla 40. Alternativa recomendada Fuente Propia.	117

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 41. Espesor de GCR..... 119

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER).....	13
Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	15
Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8008835. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	16
Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008578. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	16
Ilustración 5. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	24
Ilustración 6. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia).....	25
Ilustración 7. Resumen resultados de laboratorio	26
Ilustración 8. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	28
Ilustración 9. Criterio 2, análisis de expansión.	30
Ilustración 10. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman.....	30
Ilustración 11. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman	31
Ilustración 12. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025	34
Ilustración 13. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)	35
Ilustración 14. Esquema de ubicación barrenos de Cal.....	37
Ilustración 15. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)	39
Ilustración 16. Geosintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018).....	42
Ilustración 17. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	48
Ilustración 18. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep.....	50

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

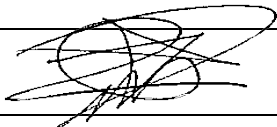
Ilustración 19. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93).....	50
Ilustración 20. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	52
Ilustración 21. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93).....	53
Ilustración 22. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93).....	61
Ilustración 23. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)	63
Ilustración 24. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)	64
Ilustración 25. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)	65
Ilustración 26. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93).....	69
Ilustración 27. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	77
Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO) .	78
Ilustración 29. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)	87
Ilustración 30. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO).....	88
Ilustración 31. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA	91
Ilustración 32. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	92
Ilustración 33. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	92
Ilustración 34. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	92
Ilustración 35. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA	93
Ilustración 36. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.	94
Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.	94
Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.	94
Ilustración 39. Junta en pozos	101
Ilustración 41. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos	102
Ilustración 41. Junta en Sumideros	102
Ilustración 42. Detalle Junta de expansión	104

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	28/01/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

1. INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con los CIV'S 8008578 y 8008835 de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93 y PCA.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

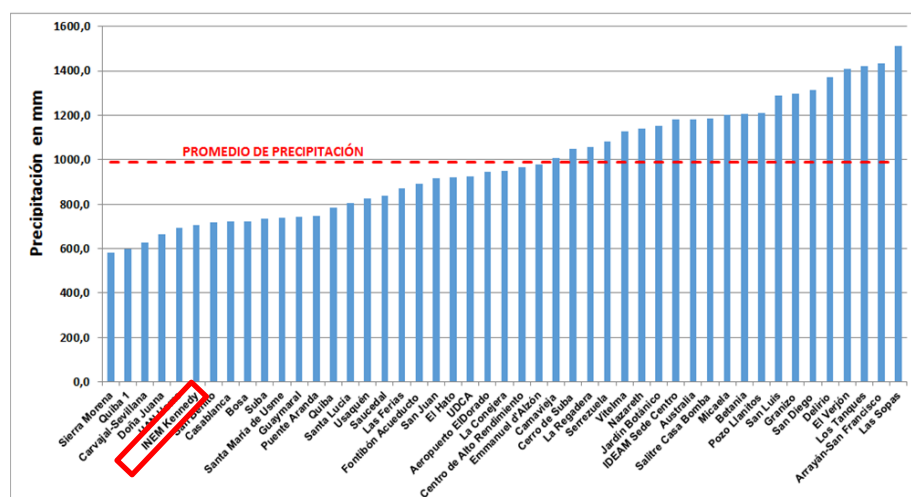
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



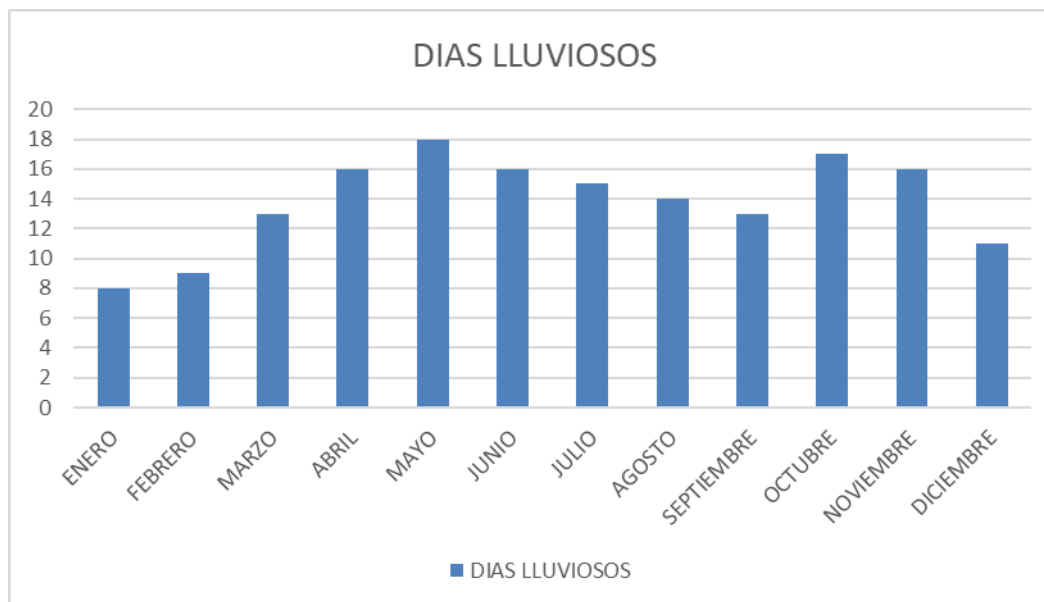
	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en la UPL TIMIZA y se catalogan como malla vial intermedia. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

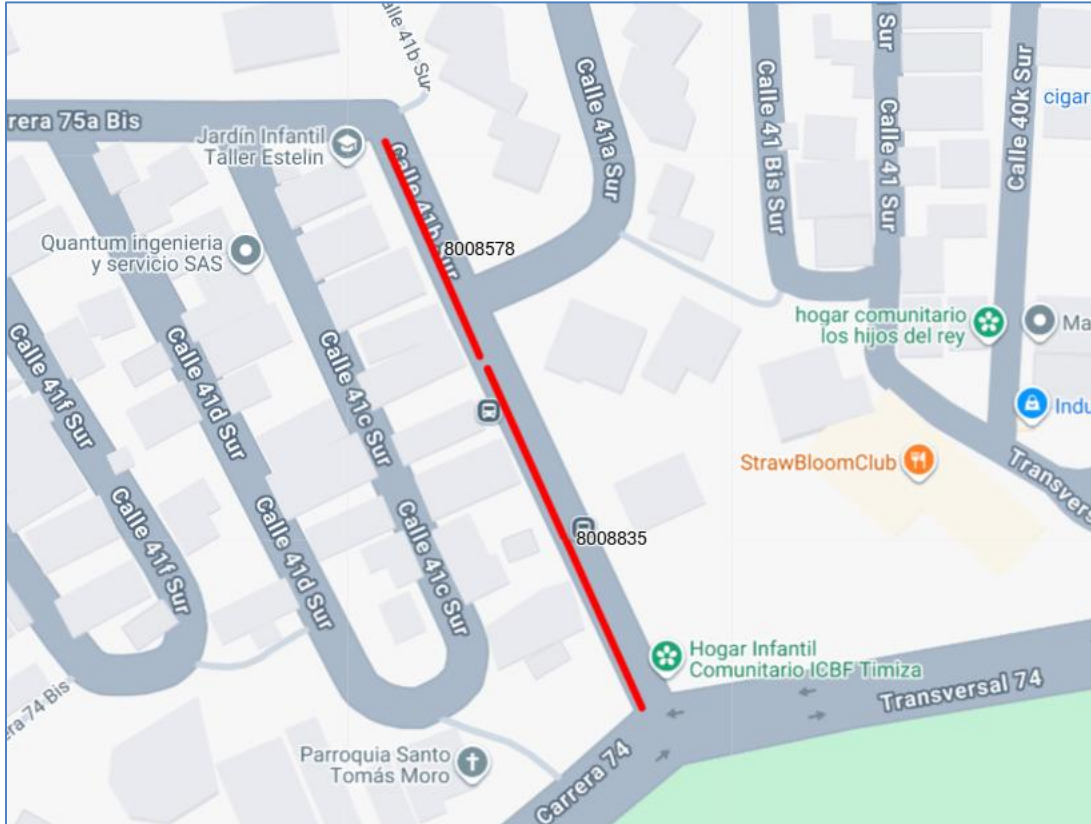
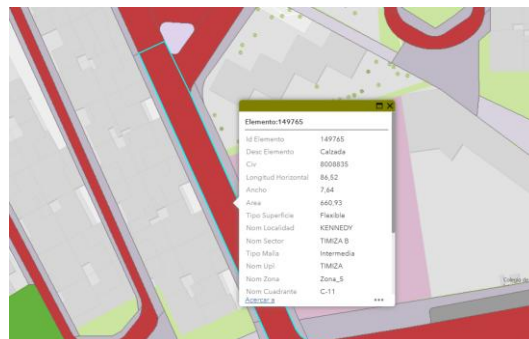


Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8008835	CL 41B SUR	TV 74	CL 41A S	661,01
8008578	CL 41B SUR	CL 41A S	KR 75A BIS	289,95

Tabla 1. Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8008835. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

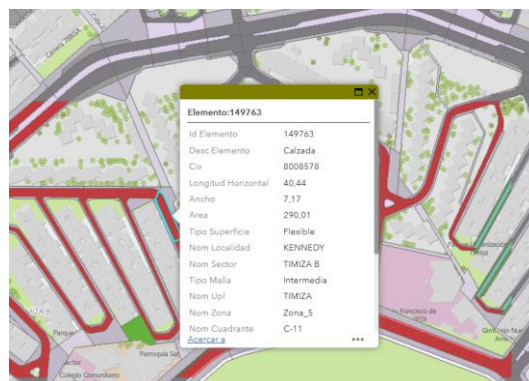


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8008578. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

3. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8008835	CL 41B SUR	TV 74	CL 41A S	MANTENIMIENTO PERIODICO
8008578	CL 41B SUR	CL 41A S	KR 75A BIS	MANTENIMIENTO PERIODICO

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008578 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008835 (Fuente: Propia)

4. TRÁNSITO DE DISEÑO

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía intermedia este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte). Para vías de las distintas localidades de Bogotá se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitan de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. Los segmentos viales de la localidad de KENNEDY en su mayoría cuentan con un flujo vehicular entre un rango entre flujo bajo y medio. En su mayoría corresponden a vías locales de carácter residencial con tránsito de vehículos livianos, por consiguiente, si se tiene en cuenta que la vía se encuentra clasificada como Tipo de Malla intermedia, se asume el valor establecido por la Guía GU-IC-019 “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C. elaborada por el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU para un nivel de tránsito tipo T2-1.

De acuerdo con lo establecido en la guía anteriormente mencionada, la categoría de tránsito T1-1 comprende un número de vehículos comerciales inferiores a 50 y para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) inferior a 615.000 para pavimentos flexibles y menor a 2.345.000 para pavimentos rígidos, en un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En cambio, la categoría de tránsito T2-1 comprende un número de vehículos comerciales mayores a 50 y menores o iguales 100; para el cual se espera un Número de Ejes Equivalentes (NEE) mayores a 2.345.000 y menores o iguales 4.690.000 para pavimentos rígidos pero mayores a 615.000 y menores o iguales 1.235.000 para el caso de pavimentos flexibles.

Denominación	Número de vehículos comerciales día	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años – Pavimento rígido	NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años – Pavimento flexible y articulado
T1-1	VDPo $\leq$ 50	NEE $\leq$ 2.345.000	NEE $\leq$ 615.000
T2-1	50 < VDPo $\leq$ 100	2.345.000 < NEE $\leq$ 4.690.000	615.000 < NEE $\leq$ 1.235.000
T2-2	100 < VDPo $\leq$ 150	4.690.000 < NEE $\leq$ 7.000.000	1.235.000 < NEE $\leq$ 1.855.000

Tabla 5. Número de ejes equivalentes para el segmento vial. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La utilización de la categoría de tránsito T2-1 en vías intermedias sin necesidad de realizar aforos se sustenta en criterios técnicos, normativos y funcionales que garantizan la

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pertinencia y solidez del diseño de pavimentos en contextos residenciales. La Guía GU-IC-019 del IDU, aplicable a Bogotá, establece parámetros tipificados para vías locales y de bajo volumen de tránsito, con el propósito de unificar metodologías de diseño y reducir la necesidad de estudios costosos en segmentos de red cuya dinámica vehicular es estable y predecible. En estas vías, el tránsito se compone en su mayoría de automóviles, motocicletas y camionetas livianas, con una presencia mínima de vehículos pesados, lo que hace que el volumen de vehículos comerciales difícilmente supere el umbral de 100 diarios definido para la categoría T2-1.

Desde el punto de vista funcional, las vías intermedias no están diseñadas para soportar tránsito de carga de alta intensidad, sino para garantizar la accesibilidad a predios y la movilidad interna de barrios y sectores residenciales. Esta condición implica que la configuración vehicular que circula en ellas corresponde mayoritariamente a vehículos tipo 2 y tipo 3, según lo definido por el Ministerio de Transporte, los cuales imponen un nivel de solicitud significativamente inferior al observado en corredores principales o de carácter arterial. Por tal motivo, el empleo de la categoría T2-1 resulta coherente con la realidad operativa de la malla vial intermedia y evita la sobrestimación de cargas que podrían derivar en diseños sobredimensionados e ineficientes.

Adicionalmente, la categoría T2-1 presenta un carácter conservador en cuanto al número de ejes equivalentes (NEE) considerados para el periodo de diseño. Este margen de seguridad permite absorber incrementos moderados en el tránsito que puedan surgir por cambios en el uso del suelo, crecimiento poblacional o eventual circulación de vehículos pesados, sin comprometer la durabilidad y el desempeño de la estructura del pavimento. De esta manera, aun en ausencia de aforos específicos, el diseño se mantiene dentro de parámetros de confiabilidad técnica y responde adecuadamente a posibles escenarios de variación en la demanda vehicular.

La no realización de aforos en vías intermedias se justifica también en términos de eficiencia técnica y económica. Invertir recursos en la medición puntual de volúmenes vehiculares en

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

segmentos residenciales, donde la variabilidad y la magnitud del tránsito son reducidas, no aporta información adicional relevante para el diseño. Por el contrario, el uso de valores tipificados como T2-1 permite optimizar recursos y concentrar esfuerzos en corredores de mayor jerarquía y complejidad, donde sí se requiere un análisis detallado de la demanda de tránsito para garantizar la validez del dimensionamiento estructural.

En conclusión, la adopción del tránsito T2-1 en vías intermedias sin necesidad de aforos constituye una decisión técnica sustentada en la normativa vigente, en la predictibilidad del comportamiento vehicular de la red de malla intermedia, en la coherencia funcional de estas vías y en un criterio de eficiencia en la planeación y utilización de recursos. Este enfoque asegura que el diseño de pavimentos en localidades como Kennedy sea adecuado, seguro y ajustado a las condiciones reales de operación, sin incurrir en sobrecostos ni en procedimientos innecesarios.

En el caso de los presentes tramos viales se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al realizar la intervención de este tramo vial se atrae un tránsito de la zona adyacente al mismo, ya que es uno de los corredores de movilidad alternos.
- El número de ejes equivalentes se debe establecer teniendo en cuenta que el Fondo de Desarrollo Local no volverá a priorizar este corredor en 10 años como mínimo, y el tramo vial debe estar funcional en la medida de lo posible durante este período.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el número de ejes equivalentes para diseño de pavimento flexible y rígido se establecen a continuación:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	NEE FLEXIBLE	NEE RÍGIDO
8008835	CL 41B SUR	TV 74	CL 41A S	INTERMEDIA	1.235.000	4.690.000
8008578	CL 41B SUR	CL 41A S	KR 75A BIS	INTERMEDIA	1.235.000	4.690.000

Tabla 6. Tránsito en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

4.1 CONVERSIÓN DE EJES EQUIVALENTES A ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO PCA

Para la verificación estructural del pavimento rígido mediante la metodología de la Portland Cement Association (PCA), se requiere expresar el tránsito de diseño en términos de repeticiones reales de carga, diferenciadas por tipo de eje y nivel de carga, dado que el desempeño estructural de las losas de concreto depende de manera directa del espectro de cargas actuantes y no únicamente del número acumulado de ejes equivalentes.

En este sentido, a partir de un tránsito de diseño definido como 4.690.000 ejes equivalentes de 18 kip (W18), se procedió a reconstruir un espectro de cargas compatible, bajo supuestos técnicos razonables y conservadores, considerando que no se dispone de información específica de pesaje dinámico (WIM).

La conversión se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se adopta como eje patrón el eje simple de 80 kN (18 kip).
- Se asume una distribución típica de participación por tipo de eje en el carril de diseño, correspondiente a:
 - 55% ejes simples,
 - 35% ejes tandem,
 - 10% ejes tridem.
- Para cada tipo de eje se definieron rangos de carga representativos (bins), con una distribución estadística concentrada en cargas medias y con presencia de sobrecargas, coherente con tránsito urbano de vehículos pesados.
- La equivalencia entre repeticiones reales y ejes equivalentes se aproximó mediante la ley potencial de carga, asegurando que la suma ponderada de daños reproduzca el valor total de W18 = 4.690.000.

Con base en lo anterior, el espectro de cargas adoptado para el análisis PCA se presenta a continuación, expresado en número de repeticiones acumuladas durante el periodo de diseño, correspondientes al carril de diseño:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tipo de eje	Nivel de carga	Repeticiones acumuladas
Eje simple	50 kN	226.078
Eje simple	60 kN	452.156
Eje simple	70 kN	565.193
Eje simple	80 kN	565.193
Eje simple	90 kN	339.117
Eje simple	100 kN	113.039
Eje tandem	100 kN (grupo)	143.867
Eje tandem	120 kN (grupo)	359.669
Eje tandem	140 kN (grupo)	431.602
Eje tandem	160 kN (grupo)	359.669
Eje tandem	180 kN (grupo)	143.867
Eje tridem	150 kN (grupo)	41.104
Eje tridem	180 kN (grupo)	102.763
Eje tridem	210 kN (grupo)	123.315
Eje tridem	240 kN (grupo)	102.763
Eje tridem	270 kN (grupo)	41.104

Tabla 7. Repeticiones acumuladas para metodología PCA.

La verificación de consistencia del espectro demuestra que la suma de las repeticiones reales ponderadas por sus respectivos factores de equivalencia reproduce un valor de $W_{18} \approx 4.690.000$, por lo cual el espectro resulta coherente y técnicamente válido para efectos del análisis mecanicista–empírico mediante PCA.

Este espectro de cargas se emplea posteriormente para la evaluación de los criterios de fatiga de la losa y erosión en juntas y bordes, conforme a los procedimientos establecidos por la metodología PCA, permitiendo una estimación más representativa del comportamiento estructural del pavimento rígido frente al tránsito esperado.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de disponerse de información específica de pesaje vehicular o espectros locales de carga, estos podrán reemplazar o ajustar el espectro aquí adoptado, con el fin de refinar el análisis estructural y reducir la incertidumbre asociada a los supuestos de tránsito.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8008835	4°36'45"N 74°09'21"W
8008578	4°36'47"N 74°09'22"W

Tabla 8. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

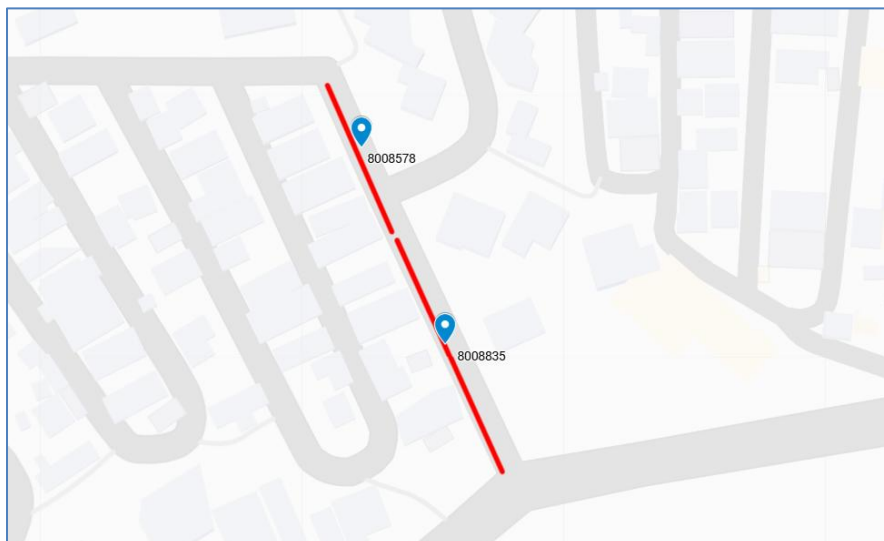


Ilustración 5. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante el apique ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías intermedias (clasificación T2-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

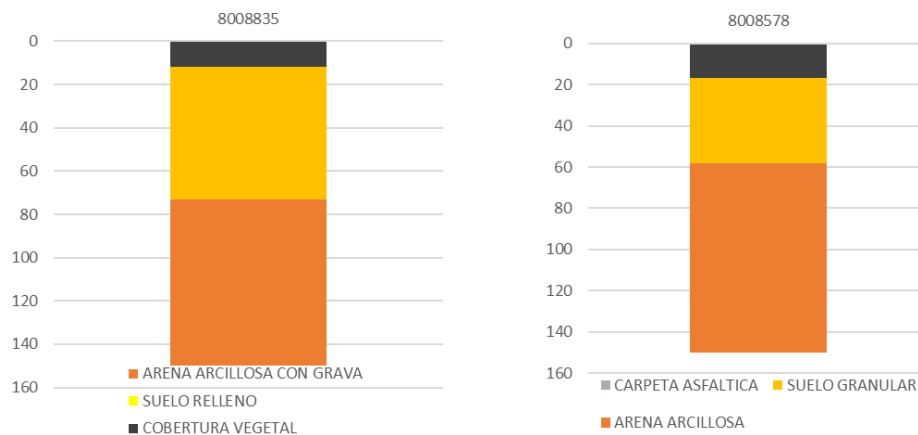


Ilustración 6. Perfiles Estratigráficos parte 1 (Fuente: Propia)

- En el apique 8008835 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de cobertura vegetal de 12 cm, seguida de una capa de suelo de relleno de 61 cm y una capa de arena arcillosa con grava de 77 cm.
- En el apique 8008578 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 17 cm, una capa de suelo granular de 41 cm y una capa de arena arcillosa de 92 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	Profundidad desde (m)	Profundidad hasta (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LC	EXPANSION CBR(%)	CBR-NATURAL (%)	CBR SUMERGIDO (%)
8008835	0,12	0,73	GM	-	-	-	-	44,5	33,8	21,8	-			
	0,73	1,5	SC	24	16	8	15,9	15,2	50,6	34,3	14	1,01	7,55	3,45
8008578	0,17	0,58	GC	31	17	14	17,72	43,6	19,1	37,3	14			
	0,58	1,5	SC	33	17	16	17,51	1,4	59,3	39,4	13	0,33	5,04	2,96

Ilustración 7. Resumen resultados de laboratorio

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8008835	8008578
Profundidad (m)	0,73 - 1,50	0,58 - 1,50
Clasificación U.S.C.S.	SC	SC
Límite líquido (%)	24	33
Límite plástico (%)	16	17
Índice de plasticidad	8	16
Humedad natural (%)	15,9	17,051
Gravas (%)	15,2	1,4
Arenas (%)	50,6	59,3
Finos (%)	34,3	39,4
Expansión CBR (%)	1,01	0,33
Límite de contracción	14	13

Tabla 9. Características físicas de la subrasante (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

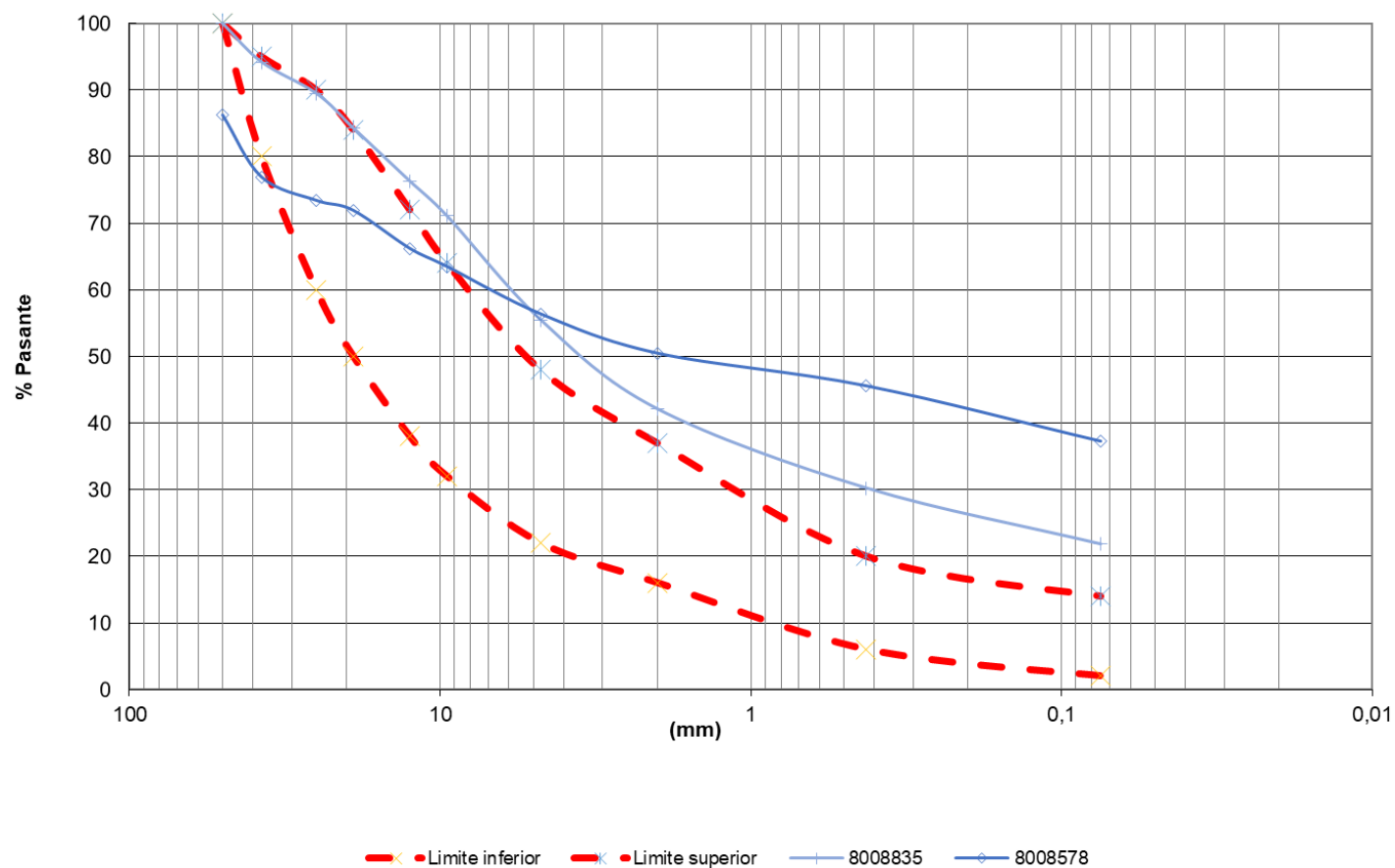


Ilustración 8. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8008835	CL 41B SUR	TV 74	CL 41A S	MANTENIMIENTO PERIODICO	RECONSTRUCCIÓN
8008578	CL 41B SUR	CL 41A S	KR 75A BIS	MANTENIMIENTO PERIODICO	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 10. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 11. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CIV	PROFUNDIDAD (m)	Expansión CBR (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8008835	0,73 - 1,50	1,01	Bajo	24	Bajo	14	Bajo	8	Bajo	34,3	Alto
8008578	0,58 - 1,50	0,33	Bajo	33	Bajo	13	Medio	16	Medio	39,4	Muy alto

Tabla 12. Potencial expansivo de la subrasante- NSR -10. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Qué evalúa	Uso principal
LL – IP	Capacidad intrínseca del suelo para expandirse	Clasificación del material
w – LL	Estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación	Riesgo real de expansión en campo

Ilustración 9. Criterio 2, análisis de expansión.

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

Muestra No.	Profundidad (m)	Clasificación USCS	Límite Líquido LL (%)	Límite Plástico PL (%)	Índice Plasticidad PI (%)	Contenido Humedad (%)	FINOS (%)	LC	Potencial de expansión (LL-IP)	Potencial de expansión (WL- LL)	Potencial de contracción
8008835	0,73 - 1,50	SC	24	16	8	15,9	34,3	14	Bajo	Alto	Bajo
8008578	0,58 - 1,50	SC	33	17	16	17051	39,4	13	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 13. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

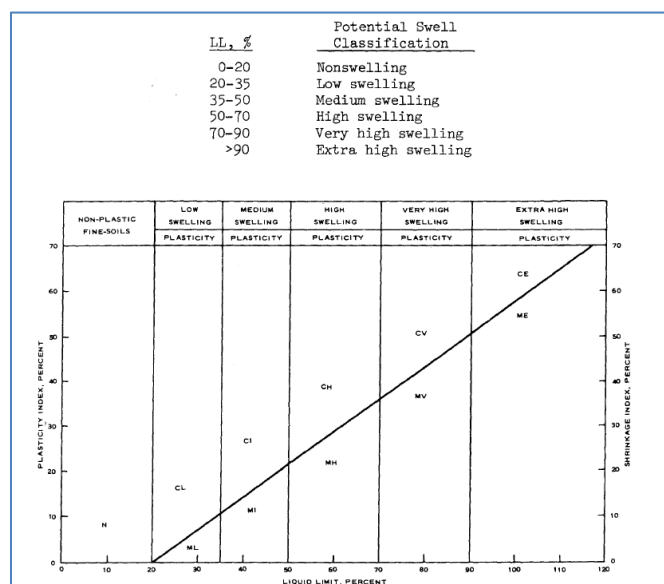


Ilustración 10. Criterio 3, Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

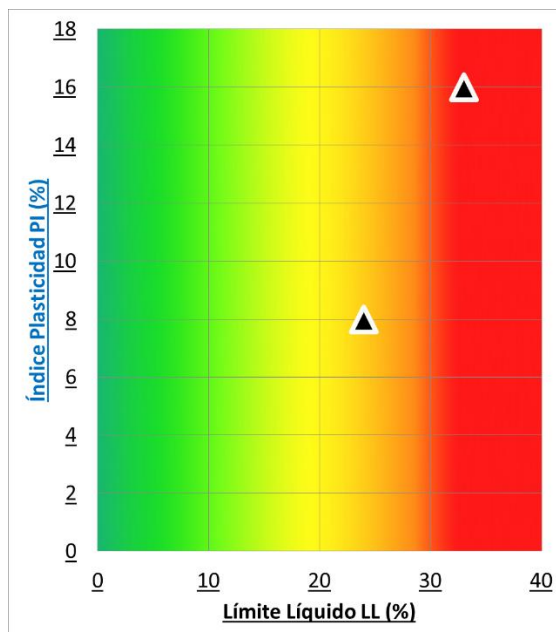


Ilustración 11. Potencial de expansión, Dakshanamurthy and Raman

CIV APIQUE	Potencial de cambio volumétrico	Categoría CVP
8008835	5,5	Crítica
8008578	5,5	Crítica

Tabla 14. Potencial de cambio volumétrico Lambe

Con base en la exploración geotécnica realizada y en los ensayos de laboratorio correspondientes, se validó el potencial de expansión del suelo mediante la metodología de Lambe. Los resultados obtenidos evidencian valores elevados de potencial de cambio volumétrico (CVP), los cuales permiten clasificar el comportamiento del suelo dentro de una categoría **CRÍTICA**. Este comportamiento indica una alta susceptibilidad a deformaciones volumétricas significativas ante variaciones del contenido de humedad, asociadas principalmente a la presencia de fracciones arcillosas activas. Desde el punto de vista técnico, esta condición implica un riesgo elevado de levantamientos diferenciales y afectaciones a la estabilidad y servicio de las estructuras, por lo que se hace indispensable la implementación de medidas de mitigación y criterios de diseño geotécnico especiales que controlen los efectos de la expansión del suelo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se concluye que la subrasante evaluada presenta una condición de expansión crítica que debe ser atendida de manera obligatoria en el diseño y ejecución de la estructura, toda vez que confluyen indicadores intrínsecos del material y condiciones reales de campo que favorecen su activación. Se identifica de manera continua un estrato clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), el cual, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10, corresponde a materiales con elevada susceptibilidad a cambios volumétricos por variaciones en el contenido de humedad. Los valores de límite líquido registrados, comprendidos entre 31 % y 39 %, ubican al material en rangos de potencial de expansión alto a muy alto, situación que se ve reforzada por índices de plasticidad entre 15 % y 22 %, los cuales superan ampliamente los umbrales asociados a suelos con comportamiento expansivo severo. Adicionalmente, el porcentaje extremadamente alto de partículas menores de una micra, del orden del 60 % en todas las muestras analizadas, evidencia la predominancia de fracciones ultrafinas con alta superficie específica y elevada capacidad de adsorción de agua, característica típica de suelos altamente expansivos y de respuesta volumétrica significativa ante procesos de humectación y secado.

Este diagnóstico se consolida al analizar el estado actual del suelo frente a su capacidad de hidratación, mediante el criterio contenido de humedad natural (w) versus límite líquido (LL), el cual permite evaluar el riesgo real de expansión en condiciones de campo. Los contenidos de humedad medidos, entre aproximadamente 15 % y 17 %, combinados con límites líquidos elevados, indican que el material se encuentra en un rango de humedad que lo hace particularmente sensible a incrementos adicionales de agua, ya sea por infiltración superficial, deficiencias de drenaje, ascenso capilar o variaciones estacionales, pudiendo alcanzar con facilidad estados que detonan procesos de hinchamiento. En este contexto, el potencial expansivo no es únicamente teórico, sino que existe una alta probabilidad de que se manifieste durante la vida útil de la estructura.

De igual forma, los valores de límite de contracción obtenidos, junto con su clasificación como potencial de contracción alto a muy alto, ponen de manifiesto que el comportamiento

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

del suelo no se limita a un evento puntual de expansión, sino que responde a un mecanismo cíclico de expansión-contracción, especialmente perjudicial para estructuras superficiales, dado que genera levantamientos diferenciales, fisuración, pérdida de contacto entre capas y facilita la entrada de agua, agravando progresivamente el deterioro estructural. Esta condición se ve agravada por los resultados de capacidad de soporte, donde los valores de CBR inalterado y sumergido evidencian una subrasante débil y marcadamente sensible a la humedad, con pérdidas significativas de resistencia al incrementarse el contenido de agua, lo cual confirma que los cambios volumétricos se acompañan de una reducción sustancial de la capacidad portante.

Finalmente, la criticidad de la condición identificada se acentúa por la ubicación del estrato expansivo dentro de la denominada zona activa del suelo, comprendida dentro del rango de profundidades donde se producen las mayores variaciones de humedad y succión, y que además coincide con la zona directamente influenciada por las cargas transmitidas por la estructura y el tránsito. En consecuencia, la presencia de una arcilla de alta plasticidad, con potencial expansivo alto a muy alto, activa frente a condiciones reales de humedad y con baja capacidad de soporte, constituye un escenario de riesgo técnico que, de no ser tratado, puede derivar en deformaciones diferenciales, pérdida de serviciabilidad y mayores costos de mantenimiento. Por lo anterior, resulta técnicamente justificado y necesario incorporar medidas específicas de control de humedad y/o mejoramiento de la subrasante, orientadas a mitigar los cambios volumétricos y garantizar el desempeño adecuado y la durabilidad de la estructura proyectada.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

5.5 Análisis de potencial de contracción de arcillas

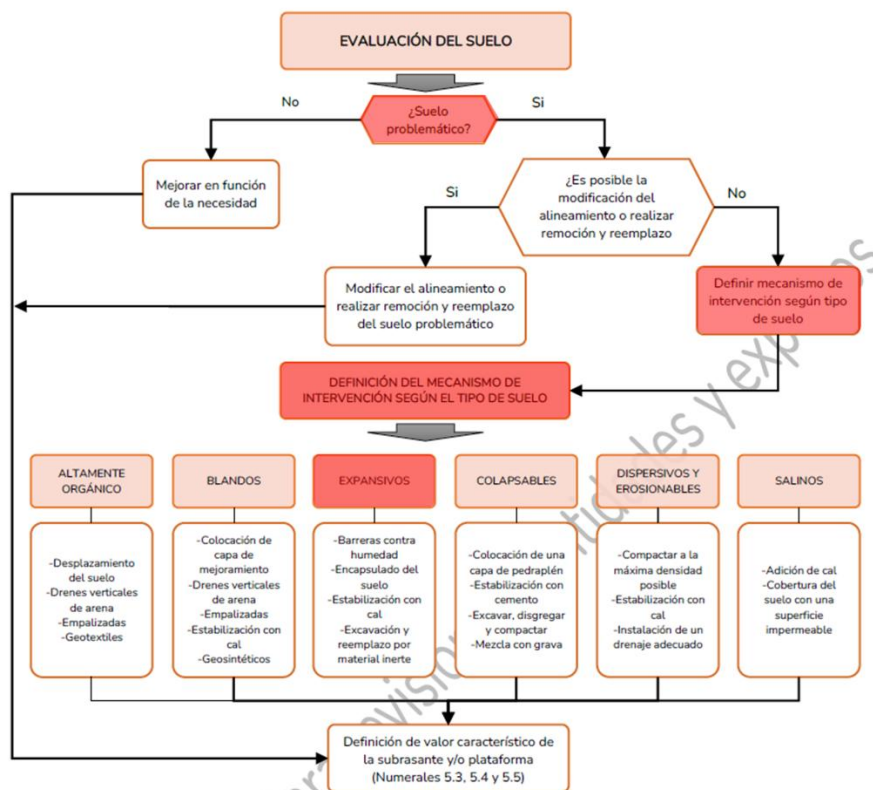


Figura 15. Resumen de los mecanismos de estabilización/mejoramiento de suelos

Ilustración 12. Guía metodológica para la identificación de suelos problemáticos – INVIAS 2025

En consecuencia, este informe considera que el estrato arcilloso 0,24 -1,50 m debe tratarse como suelo susceptible a cambios volumétricos dentro de la zona activa, y por tanto se recomienda: (i) evitar excavaciones que dejen este material expuesto sin protección; (ii) asegurar drenajes laterales y superficiales que impidan aumentos de humedad en la subrasante; y (iii) contemplar, si la rasante de diseño lo intercepta, un mejoramiento o espesores granulares que desacoplen el paquete estructural del horizonte arcilloso.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

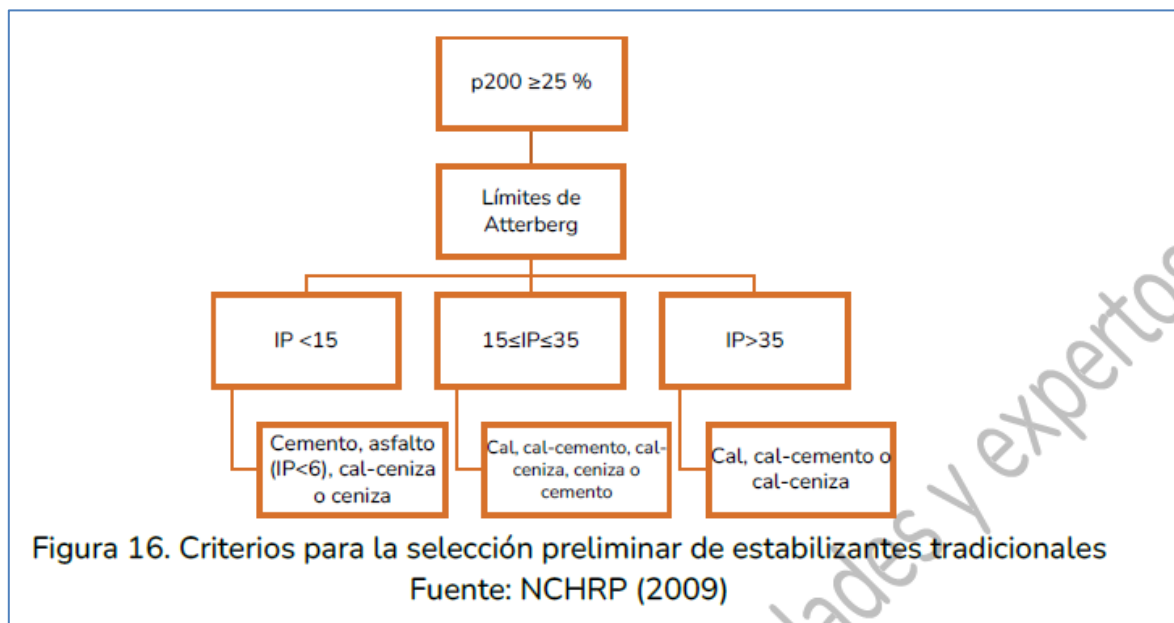


Ilustración 13. Criterios para la selección preliminar de estabilizantes tradicionales – NCHRP (2009)

5.6 Recomendación sobre la expansión y contracción

Como resultado de los análisis cualitativos y de laboratorio efectuados sobre el estrato arcilloso ubicado entre 0,24 m y 1,50 m —el cual presentó comportamiento de “arcilla crítica” presentando sensibilidad a la humedad en los CBR sumergidos — se considera necesario incorporar un tratamiento combinado que atienda, por un lado, la reactividad del suelo fino y, por otro, la transmisión de deformaciones hacia la estructura de pavimento. Para ello se plantea:

1. Tratamiento puntual de la subrasante mediante barrenos de cal, con el fin de reducir plasticidad y reactividad en la zona activa.
 - Procedimiento constructivo para los barrenos de cal

Una vez ejecutada la excavación hasta la cota de diseño de la subrasante (previa a la conformación de la estructura de pavimento), se deberá realizar el siguiente procedimiento:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Trazado de cuadrícula: marcar en planta una retícula de 1,00 m x 1,00 m, dispuesta “en tres bolillos” en ambas direcciones, de manera que los puntos de inyección queden alternados y se logre un solape adecuado de las zonas tratadas.
- Perforación: ejecutar barrenos manuales de 4” de diámetro y 1,0 m de profundidad en cada punto de la cuadrícula, procurando que la perforación atraviese el horizonte arcilloso identificado en el apique y quede dentro de la zona activa donde se presentan los cambios de humedad.
- Retiro del elemento de perforación: retirada la tubería o herramienta hincada, se procederá a la inyección del material estabilizante.
- Inyección de cal: introducir en cada barreno cal comercial con un contenido de Ca(OH)_2 del orden del 60 %, preparada con el mínimo contenido de agua que permita su adecuada manejabilidad, evitando mezclas demasiado fluidas que puedan perderse por las caras del barreno.
- Dosificación: se deberá colocar del orden de 17 kg de cal comercial por cada barreno de 1,0 m de longitud, garantizando una distribución homogénea. Esta dosificación está pensada para cubrir el ancho total de la vía y el largo del segmento intervenido, de modo que no queden zonas sin tratar dentro de la franja de pavimento.
- Relleno y compactación: una vez aplicado el reactivo, se procederá al relleno y compactación controlada del estrato hasta dejarlo en condiciones de recibir las capas superiores.

El objeto de estos barrenos es modificar in situ el comportamiento de la arcilla de alta plasticidad, reduciendo su índice de plasticidad efectivo y su capacidad de hinchamiento/contracción, especialmente en el tramo que queda directamente bajo la estructura de pavimento.

- Alcance de la solución

La combinación de mejoramiento puntual (barrenos de cal) permite atacar el problema en dos niveles: se mitiga la agresividad del suelo expansivo y, al mismo tiempo, se incrementa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la capacidad del paquete granular para trabajar como un sistema más rígido frente a las deformaciones impuestas desde abajo.

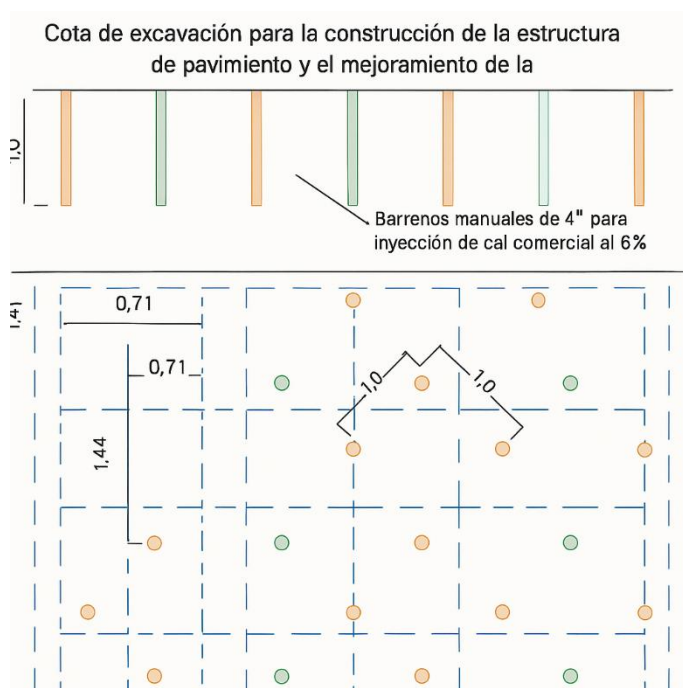


Ilustración 14. Esquema de ubicación barrenos de Cal

El tratamiento con cal se fundamenta en los principios de modificación y estabilización química establecidos por la literatura geotécnica (Lambe, 1962; Little, 1995; ASTM D6276), según los cuales la incorporación controlada de hidróxido de calcio en suelos arcillosos favorece:

- La reducción del índice de plasticidad por intercambio catiónico.
- La disminución del potencial de expansión mediante floculación y aglomeración.
- La mejora progresiva de la resistencia y rigidez del material, derivada de reacciones pozolánicas.
- La atenuación de la sensibilidad a la humedad y la reducción de la deformabilidad del macizo tratado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Dado que la problemática está confinada a un horizonte específico con comportamiento activo, el empleo de barrenos permite intervenir el suelo de manera profunda y localizada, garantizando que el reactivo ingrese directamente en la zona donde se originan los cambios volumétricos.

El tratamiento químico mediante barrenos de cal constituye una solución adecuada y proporcional frente a subrasantes que han evidenciado comportamiento expansivo, porque:

1. Interviene directamente el estrato problemático, modificando su composición mineralógica y reduciendo su reactividad.
2. Disminuye de manera efectiva el potencial de expansión, mitigando el riesgo de levantamientos diferenciales y deformaciones post–construcción.
3. Incrementa la rigidez y resistencia del suelo tratado, mejorando la capacidad de soporte del perfil sin necesidad de excavaciones profundas o reemplazos masivos.
4. Reduce la variabilidad volumétrica del estrato, lo que se traduce en un comportamiento más estable del pavimento frente a ciclos de humedad, tránsito y climatología local.
5. Genera un efecto durable, dada la naturaleza irreversible de las reacciones pozolánicas entre la cal y los minerales arcillosos.

En criterio técnico, el tratamiento con barrenos de cal constituye una medida eficaz, costo–eficiente y técnicamente sustentada para abordar subrasantes arcillosas reactivas, especialmente cuando los ensayos de expansión tipo Lambe y los CBR sumergidos han demostrado comportamiento crítico. La solución propuesta disminuye de manera significativa el riesgo de deformaciones futuras y aporta estabilidad al sistema antes de la conformación del paquete estructural del pavimento.

Adicional sobre lo anterior, los pavimentos apoyados sobre subrasantes arcillosas de alta plasticidad suelen presentar un tipo de deterioro que no obedece únicamente al tránsito sino, principalmente, a la variación volumétrica del suelo de fundación. En suelos clasificados como CH o A-7-6, el aumento del contenido de agua produce hinchamiento y

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

la pérdida de humedad induce contracción; este ciclo estacional lluvia–sequía genera movimientos verticales y, sobre todo, empujes laterales dentro de la zona activa (0–1,5 m) que terminan reflejándose en la carpeta o en las capas granulares como fisuras longitudinales paralelas al eje de la vía. Este fenómeno ha sido descrito por Zornberg (2012) como “fisuración inducida por el ambiente”, diferenciándola de la fisuración por fatiga, pues aparece aun en estructuras con capacidad estructural suficiente.

La causa mecánica de este comportamiento radica en que el suelo expansivo, al hincharse, impone deformaciones no uniformes sobre la base y la subbase: unas porciones del paquete son levantadas o empujadas lateralmente y otras permanecen más rígidas, generando zonas de tracción en la parte superior del granular donde la mezcla asfáltica es más sensible a la apertura de grietas (Zornberg, 2012). La University of Texas (2018), en el programa “Soil–Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic–Stabilized Roadway”, modeló este mismo fenómeno como la acción de cargas no uniformes desde el suelo expansivo hacia la estructura de pavimento, que con el tiempo terminan alineándose en una fisura longitudinal.

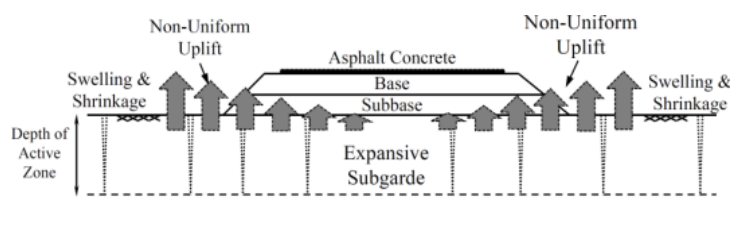


Ilustración 15. Cargas no uniformes impuestas en estructuras de pavimento por suelos expansivos Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

Frente a este tipo de patologías, la estabilización química (por ejemplo, con cal) ha mostrado ser una medida necesaria pero no suficiente: mejora la trabajabilidad y reduce parcialmente la plasticidad, pero no siempre logra eliminar el movimiento cíclico del estrato cuando la oscilación de humedad es marcada (University of Texas, 2018). Por esa razón, en los estudios comparativos de secciones de control, secciones con cal, secciones con geotextil de separación y secciones con geomallas biaxiales y multidireccionales, se

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

observó que las menores tasas de evolución de fisuración longitudinal se obtuvieron en las secciones que incorporaron geomalla, particularmente cuando esta se ubicó entre la subbase tratada y la base granular sin tratar (Zornberg, 2012; University of Texas, 2018).

– Mecanismo de aporte de la geomalla

El aporte de la geomalla no es solamente “separar” o “reforzar” en sentido genérico; los ensayos de interacción suelo–geosintético demostraron que el beneficio puede expresarse como un aumento de la rigidez del sistema compuesto granular–geosintético, medido a partir de la relación carga por unidad de ancho (T) vs. desplazamiento (u), para deformaciones pequeñas (0,1–1,0 mm). La pendiente de esta relación se definió como un parámetro de desempeño o rigidez movilizada del sistema (University of Texas, 2018). A mayor rigidez movilizada:

- Se restringe el desplazamiento lateral del granular cuando el suelo expansivo empuja desde abajo o desde los costados.
- Se distribuyen mejor las tensiones hacia el plano de la geomalla, reduciendo la concentración de deformaciones en un punto.
- Se desacopla parcialmente la deformación impuesta por el suelo expansivo de la deformación que “ve” la capa asfáltica, que es la que finalmente fisura.

En términos prácticos, esto significa que la geomalla actúa como un plano de anclaje que obliga a que las deformaciones del suelo de fundación se expresen de forma más uniforme en la base, de manera que no se formen gradientes de tracción tan altos en la parte superior del paquete. Este efecto fue más claro en geomallas multidireccionales (TX), porque su patrón de rigidez es más isotrópico y responde mejor a deformaciones que no son estrictamente unidireccionales (Zornberg, 2012).

– Ubicación óptima y compatibilidad con estabilización

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Otro hallazgo relevante de la University of Texas (2018) es que, cuando se utilizan tratamientos de estabilización (cal o cementantes) sobre suelos con potencial de expansión, la geomalla no debe reemplazar la estabilización química, sino complementarla. La disposición más efectiva observada fue:

- subrasante / subbase químicamente tratada (función de mejora);
- geomalla colocada sobre esa subbase tratada (función de confinamiento y distribución de esfuerzos);
- base granular sin tratar (función estructural y de drenaje);
- carpeta asfáltica.

Con esta configuración se logró mantener los espesores de la estructura de control, pero con un menor crecimiento del porcentaje de fisuración longitudinal a lo largo del tiempo. Esto es especialmente pertinente en su caso, porque el apiqe muestra una arcilla CH entre 0,65 m y 1,50 m, justo dentro de la zona en la que ocurren los cambios de humedad; por lo tanto, cualquier movimiento de ese estrato tendrá tendencia a transmitirse hacia arriba si no existe un plano de rigidez que lo limite.

– Pertinencia para el proyecto

Considerando que su sondeo identificó una arcilla de alta plasticidad (LL 55 %, LP 27 %, IP 28 %) con pasante N° 200 prácticamente total y que el ensayo de expansión tipo Lambe clasificó el material como “arcilla crítica”, el comportamiento descrito en la literatura es directamente aplicable a su tramo: la subrasante sí tiene capacidad de imponer deformaciones no uniformes sobre la estructura. En consecuencia, el estado del arte aquí reseñado respalda técnicamente que el diseño de pavimento incluya una geomalla en la interfaz subbase tratada–base granular como medida de mitigación frente a la fisuración inducida por el ambiente, tal como lo plantean Zornberg (2012) y la University of Texas (2018). Las geomallas a utilizar son del tipo multidireccional (GG9=TX-5/TX-160), Adicionalmente se encontró que, para efectos de conocer la mejor forma de aplicar geomallas en una estructura de pavimento con tratamientos de estabilización química, lo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ideal era colocarla entre la subbase químicamente tratada y bajo la base granular sin tratar, conservando los espesores de la estructura de pavimento de control sin estabilizar mecánicamente con la geomalla. Conforme la investigación de Jorge Zornberg, se buscó determinar la relación entre carga por unidad de ancho del geosintético (T) y los desplazamientos a lo largo del mismo (u), para desplazamientos en el rango de 0,1 mm a 1,0 mm. La pendiente de la relación lineal definida entre T2 y u a través de la longitud/espesor confinada del geo sintético ha sido definida como el parámetro de desempeño K_{SGC} .

Geosynthetic Name	Geosynthetic Type	Manufacturing Processes	Polymer Type	Expected performance
GG 2	Triangular Geogrid	Extruded (Homogenous)	Polypropylene (PP)	Excellent
GG 3	Biaxial Geogrid	Woven with Coated Yarn	Polyester (PET)	Moderate
GG 4	Biaxial Geogrid	Laser Welded	Polypropylene (PP)	Poor

Ilustración 16. Geostintéticos analizados Fuente: Soil – Geosynthetic Interaction Test to Develop Specifications for Geosynthetic – Stabilized Roadway. University of Texas (2018)

5.7 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
8008835	7,55	3,45
8008578	5,04	2,96
Promedio	6,30	3,21
Desviación estándar	1,77	0,35

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

APIQUE	CBR - NATURAL (%)	CBR - SUMERGIDO (%)
Percentil 75	6,92	3,33

Tabla 15. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

A partir del análisis de los CBR presentados, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR (%)	MPa	Mr kg/cm2	PSI
3,33	24,96	254,48	3619,60

Tabla 16. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías intermedias es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías intermedias, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 17. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi.

5.6. Mejoramiento de la subrasante

Teniendo en cuenta la caracterización física y mecánica de la subrasante puntualmente para los segmentos viales, se propone el siguiente tipo de mejoramiento:

5.6.1. Mejoramiento con Geocelda

Para determinar el aporte estructural de la geocelda se determina el aumento del módulo de la capa de mejoramiento por medio del Factor de mejoramiento de módulo o MIF por sus siglas en inglés (Modulus Improvement Factor), el cual se determina como la relación entre el material granular confinado con la geocelda y un material granular no confinado. Para hallar este factor, se requiere:

- Tránsito de diseño
- CBR de la subrasante
- Material de relleno de la geocelda

De acuerdo con los estudios realizados por Tanyu B.F., Aydilek A. H., Lau W., Edil T.B., Benson C.H. (2013), se determinó que el factor de incremento de módulo varía

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de 1,3 a 1,5. en el presente caso, y atendiendo a las condiciones de baja capacidad portante de la subrasante, se adoptó un valor conservador de $MIF = 1.3$, lo que permite incrementar el módulo resiliente de la capa granular confinada con geocelda y alcanzar un comportamiento estructural equivalente al obtenido mediante otras técnicas de mejoramiento. Para determinar el módulo de la capa de granular sin reforzar y reforzado con geocelda para alcanzar un valor similar al obtenido con el mejoramiento, se toma como referencia la ecuación para la determinación del módulo de un material granular de la Shell y se modifica incluyendo el factor MIF :

$$E_2 = 0.2h^{0.45}E_3 * MIF$$

Ecuación 1. Incremento del módulo del material granular por MIF. Fuente: Adaptado de Shell, 2019.

Donde,

- E_j , es el módulo de la capa superior (MPa)
- E_n , es el módulo de la capa inferior (MPa)
- h , es el espesor de la capa en evaluación (mm)
- MIF , es el factor de mejoramiento de módulo

Para llegar al valor de soporte mínimo, se procede a realizar el cálculo hasta encontrar el espesor que satisfaga esta condición de plataforma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Anexo 9):

Descripción	Altura (h)
Geocelda (h=15cm)	15
Subbase SBG-B	5

Descripción	CBR (%)	kg/cm2	PSI
Subrasante	3,33	254,48	3619,60
Subrasante mejorada con Geocelda	7,34	733,57	10433,8

Por medio de este procedimiento se obtiene la colocación de una (1) capa de Geocelda de 15 cm de altura con lleno de material granular tipo Subbase Granular

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

tipo B o Subbase reciclada (AR-SBG) y una capa de Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o Subbase reciclada (AR-SBG) de 5 cm.

6. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

6.1.1. Mezcla asfáltica (MD-19)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_{r,asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

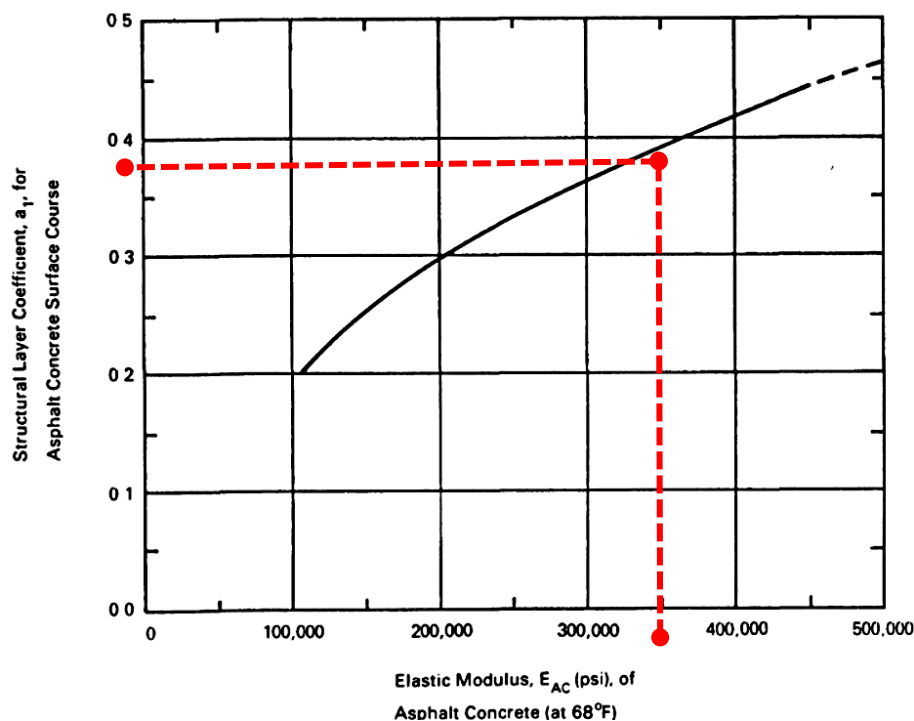


Ilustración 17. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.39$.

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

6.1.2. Mezcla asfáltica MD-GCR (MCCh25)

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura estándar de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para el caso de la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado, en el trabajo contratado por el IDU, realizado por la Universidad de los Andes en 2002, se concluyó que el GCR aumenta la rigidez del ligante, aunque mejora otras propiedades, lo que convierte al GCR en un modificador potencial, porque absorbe parte de los maltenos, dejando un gran contenido de asfáltenos, y aumenta la elasticidad y punto de ablandamiento del nuevo ligante modificado, disminuyendo de esta manera ductilidad y penetración. Además, al incorporar el GCR a la mezcla asfáltica, la deformación permanente indica que las mezclas con caucho son más deformables; los módulos obtenidos señalaron menos susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo que favorece el no fisuramiento a bajas temperaturas y la no deformabilidad excesiva a temperaturas elevadas, todo lo anterior se traduce en una mezcla con mayor duración como se ha venido indicando. Estudios realizados en este sentido han ratificado las propiedades del asfalto modificado con grano de caucho, así lo señalan Infante, A. S. F., Santanilla, E. B. F., & Lizcano, F. A. R. (2009). La caracterización dinámica de la mezcla con las cantidades óptimas de este modificador presentó una reducción del ahuellamiento del 8% y un aumento en el módulo dinámico del 14%, lo que conlleva un incremento en la durabilidad del 25%

En el estudio “Building Sustainable Pavements: Investigating the Effectiveness of Recycled Tire Rubber as a Modifier in Asphalt Mixtures” se encontró que al incrementar el contenido de caucho reciclado (“RAR modifier”) al 10 % respecto a la mezcla de base, el módulo de rigidez aumentó en el rango de aproximadamente 12-17 % para temperaturas de ensayo de 15-20 °C

En el resumen “Effect of Waste Tire Rubber on Properties of Asphalt Cement and Asphalt Concrete Mixtures: State of the Art” se menciona que, al añadir caucho de neumáticos al asfalto, se incrementa el módulo de resiliencia hasta un “optimum” valor para ciertos porcentajes (por ejemplo 10-15 %), antes de que con más caucho el efecto decaiga.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

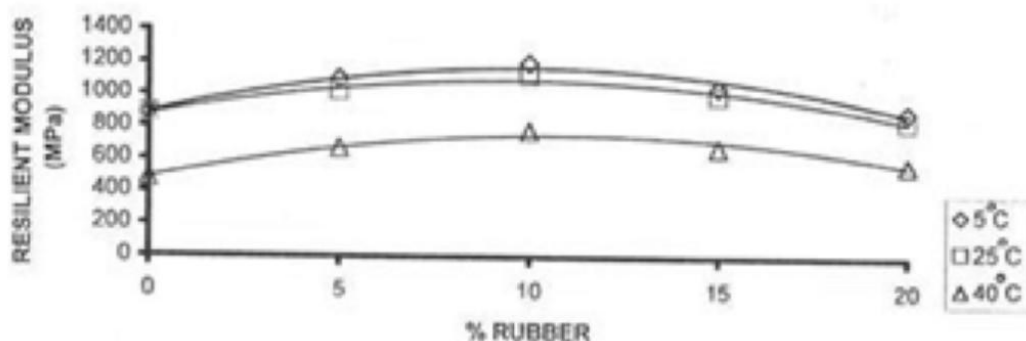


Ilustración 18. Effect of adding rubber into asphalt mixture strain, creep stiffness, and resilience models. Mohammad A. T. Alsheyab

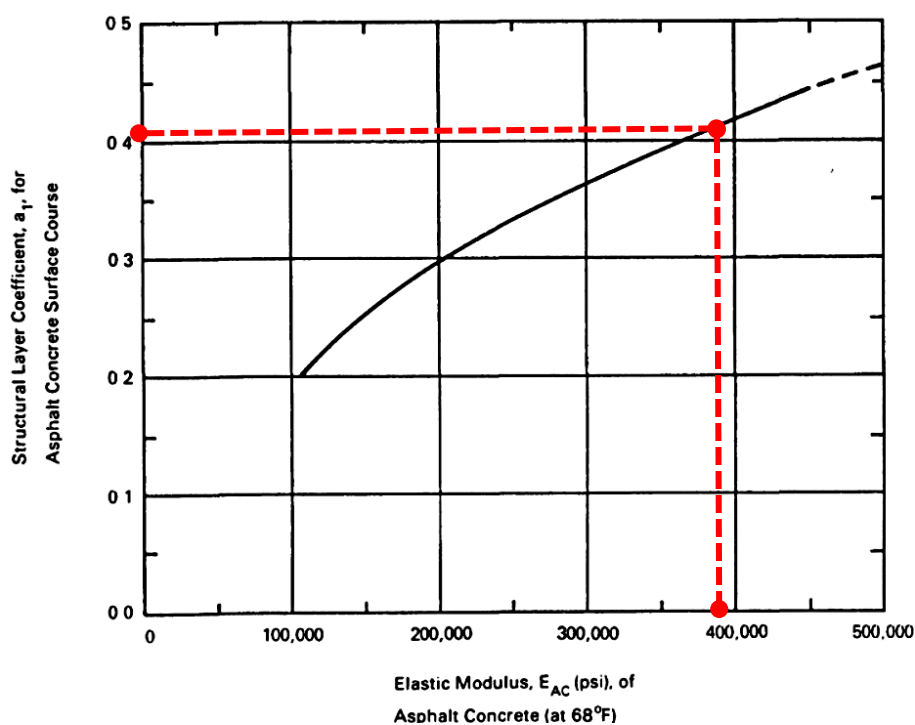


Ilustración 19. Grafica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r es 395.000 psi (aumento del 14% respecto al valor del módulo convencional del asfalto), se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0.41$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_1 . Teniendo en cuenta que la capa asfáltica posee una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_1 = 1.00$.

De acuerdo con el decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado

6.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)

Las características mecánicas de las bases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_2 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_2 = 0.249 * \text{Log}(M_r BG) - 0.977$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

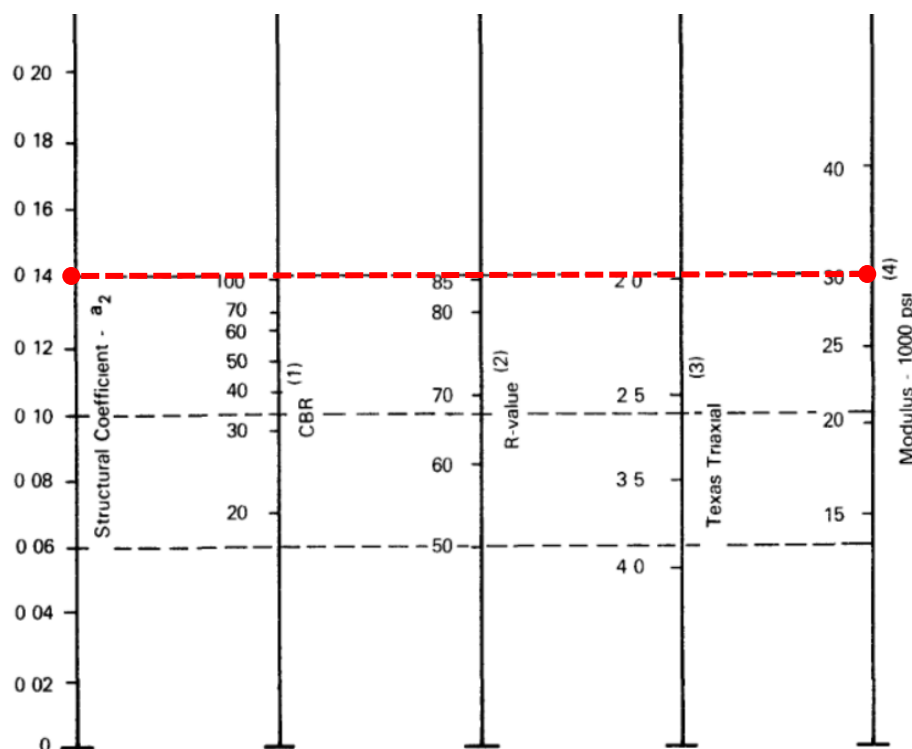


Ilustración 20. Grafica Coeficiente estructural para bases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 30.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.14$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa base granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Table 2.4. Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1–5%	5–25%	Greater Than 25%
Excellent	1 40–1 35	1 35–1 30	1 30–1 20	1 20
Good	1 35–1 25	1 25–1 15	1 15–1 00	1 00
Fair	1 25–1 15	1 15–1 05	1 00–0 80	0 80
Poor	1 15–1 05	1 05–0 80	0 80–0 60	0 60
Very poor	1 05–0 95	0 95–0 75	0 75–0 40	0 40

Ilustración 21. Valores recomendados para coeficientes de drenaje de capas granulares (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.1.4. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 18. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

6.1.5. **Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)convencional o reciclada**

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \text{Log}(M_r, \text{SBG}) - 0.839$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

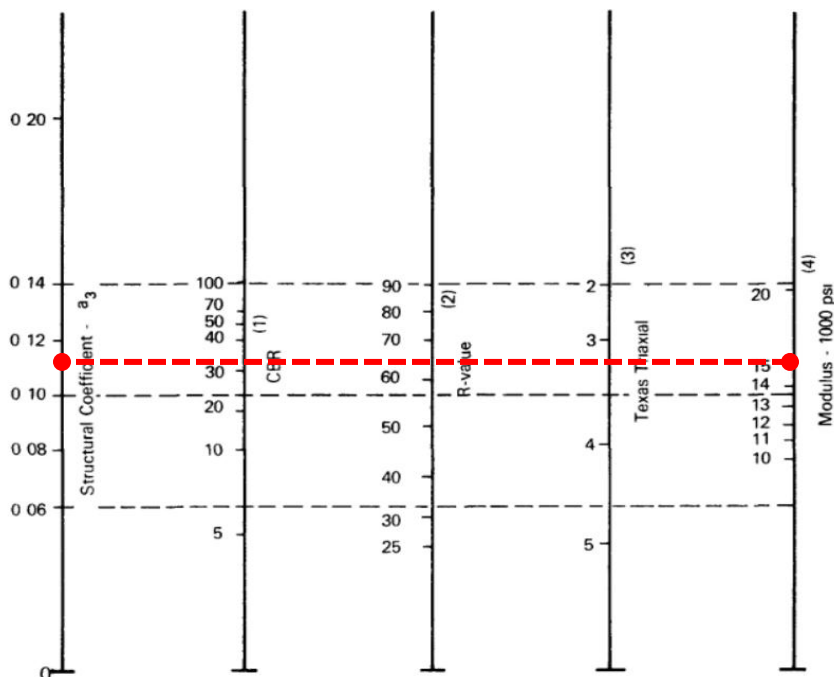


Ilustración 22. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

A partir de los valores obtenidos anteriormente, en la siguiente tabla se presenta el resumen las propiedades de los materiales:

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Mezcla asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25)	345.000	0.39	1.00

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

CAPA	M_r / E (psi)	a_i	m_i
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	30.000	0.14	0.80
Base granular tipo A estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000	0.18	1.00
Subbase granular Tipo A (SBG-A)	15.000	0.11	0.80

Tabla 19. Propiedades mecánicas de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA

En este caso se acudió a la metodología AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles para establecer el espesor de estructura de pavimentos requerida por la vía, con base en los resultados de los ensayos y análisis ya presentados; el dimensionamiento de los espesores se efectuó empleando el método de la AASHTO 1993, según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- **W18**, es el número de aplicaciones de carga de 18 kips, (80 kN) previstas.
- **ZR**, es el área bajo la curva de distribución estandarizada para una confiabilidad R, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.
- **So**, es la desviación estándar de la distribución normal de las variables asociadas a todas las variables.
- **ΔPSI**, es la pérdida del servicio prevista en el diseño.
- **MR**, es el módulo resiliente de la subrasante de soporte de la estructura de vía
- **SN**, es el número estructural de la vía que se calcula mediante la siguiente ecuación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots + \dots a_i m_i D_i$$

Dónde: a_i es el coeficiente estructural de la capa

m_i es el coeficiente de drenaje de la capa

D_i es el espesor de la capa (en pulgadas)

6.3. Parámetros de alternativas de diseño en pavimento flexible

A continuación, se presentan cada uno de los parámetros requeridos para el diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO – 93:

6.3.1. Confiabilidad (R) y Desviación estándar (Zr)

La confiabilidad se entiende como el grado de seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de carga que sea aplicada durante su vida útil, según la guía AASHTO, recomienda unos valores de acuerdo al tipo de vía que se esté analizando, para nuestro caso, que son vías locales rurales se debe adoptar una confiabilidad entre 50% y 80%. En este caso se adopta una confiabilidad de 80%.

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Ilustración 23. Valores recomendados de confiabilidad (Fuente: metodología AASHTO-93)

6.3.2. Confiabilidad – Error normal combinado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Teniendo en cuenta que la predicción del tránsito es confiable, que los equipos con que se va a construir la estructura de pavimento son adecuados y se encuentran en buenas condiciones debido a la magnitud del proyecto y que los materiales que se van a implementar cumplen con las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para el diseño, se toma como valor de desviación estándar 0.45.

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Ilustración 24. Valores recomendados de confiabilidad AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.3. Índices de serviciabilidad (ΔPSI)

Según la AASHTO la serviciabilidad es la habilidad específica de una sección de pavimento para servir al tráfico. Debido a que la estructura de pavimento a diseñar es flexible se tomara una serviciabilidad inicial (P_i) de 4.5 y también debido a que es una vía principal en la zona se toma una serviciabilidad final (P_f) de 2.2, determinando que el ΔPSI es igual a 2.3.

TIPO PAVIMENTO	SERVICIABILIDAD INICIAL, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. p. II-10.

Tipo de vía	Servicialidad final, P_f
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.3.4. Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se evalúa mediante coeficientes de drenaje (Cd) para las capping de base y subbase granular. Los valores se seleccionan con base en las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a altos niveles de humedad. En estructuras semirrígidas el coeficiente de drenaje se asume como 1.0 por ser impermeable.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Ilustración 25. Valores recomendados de drenaje AASHTO (Fuente: AASHTO)

6.3.5. Numero estructural (SN)

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta para el caso donde se realice un mejoramiento de subrasante con Piedra Rajón o Geocelda y el valor del Número Estructural requerido (Anexo 2):

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 10 años (W18)	1.235.000
Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar (Zr)	0,45
Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	2.3
Módulo de Elasticidad del Asfalto MD-19	345000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A	30000 PSI
Módulo de elasticidad Base Granular tipo A Estabilizada con cemento 5% y aditivo	37000 PSI
Módulo de elasticidad Subbase Granular tipo A	15000 PSI
SN Requerido con mejoramiento con geocelda	2.9

Tabla 20. Parámetros de diseño alternativa pavimento flexible. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

6.4. Alternativas de diseño de pavimento flexible

Basados en los parámetros antes mencionados, se procede a calcular el número estructural y espesores de capas del diseño a partir de la ecuación para pavimentos flexibles del “AASHTO Guide for design of pavement structures 1993”. Para el cálculo de los espesores (en pulgadas) se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = \sum_{i=1}^n (a_i m_i D_i)$$

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

En este caso a_1 , m_1 y D_1 corresponden a los factores de la capa asfáltica mientras que a_2 , m_2 y D_2 son coeficientes de la capa base granular. Para ello, se plantean diferentes alternativas de materiales asfálticos y granulares como se presentan a continuación:

6.4.1. Alternativa 1: Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25), Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) - Mejoramiento con geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) y Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

MATERIAL	ESPEJOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A)	15	533-18	30.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG)	15	533-18	15.000 psi
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 2 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3619.60 PSI

Tabla 21. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 1 (rajón) (Fuente: elaboración propia)

Alternativa 2: Carpeta asfáltica (MD-19), Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (Convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento – Mejoramiento geocelda

En el caso de Carpeta asfáltica (MD-19-ET-620-18 (MD-12) y MCCH25) y Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con 5% de cemento con aditivo y mejoramiento con geocelda rellena con granular (Anexo 2):

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3619.60 PSI

Tabla 22. Espesores de diseño de pavimento flexible método AASHTO, alternativa 2 (Geocelda) (Fuente: elaboración propia)

6.5. Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional

A partir de los resultados obtenidos en el anterior capítulo, se realiza la verificación estructural de los esfuerzos y deformaciones a través del método de diseño racional de pavimentos. Para la verificación de las alternativas propuestas mediante la metodología AASHTO-93, se tendrán en cuenta los módulos de elasticidad y espesores cada una de las capas ya establecidas; y se utilizara el programa

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

WinDEPAV (Vásquez Varela, 2018) para el cálculo de esfuerzos y deformaciones que se generarían en la estructura planteada. A continuación, se presentan los criterios más relevantes en el análisis mecanicista:

Los valores de deformaciones admisibles por falla de fatiga para la estructura de pavimento, se obtienen a través de la ley de fatiga recomendada por Shell International Petroleum Company. La deformación máxima tangencial admisible de la carpeta asfáltica se presenta a continuación:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_{asf}^{-0.36} \left(\frac{N}{K} \right)^{-0.20}$$

Donde:

- V_b , es el porcentaje de asfalto en volumen. En este se establece 10% para una mezcla convencional
- E_{asf} , es el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica (expresado en N/m²)
- N , es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el periodo de diseño
- K , es el factor de desplazamiento o de Calage, que se obtiene como $K = K1 * K2 * K3$. En este caso $K=8.25$

METODO SHELL			
COEFICIENTES DE CALAGE			
AUTOREPARACIÓN DE PEQUEÑAS FISURAS	K1	MEZCLAS ABIERTAS % BAJO DE ASFALTO	MEZCLAS DENSAS RICAS EN ASFALTO
		2	10
DIFERENTES ESTADOS DE TENSIONES	K2	CUALQUIERA	
DISTRIBUCIÓN LATERAL DE LAS CARGAS		2.5	
DIFERENTES TEMPERATURAS DE	K3	Espesores pequeños Temperaturas bajas	Espesores altos Temperaturas altas
TRABAJO DE LA MEZCLA A LO LARGO DEL DÍA Y DEL AÑO		1	0.33

Ilustración 26. Coeficientes de Calage (Fuente: metodología AASHTO-93)

La deformación vertical admisible de la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamiento de la Universidad de Nottingham, bajo un nivel de confianza del 85% se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_z = 0.026N^{-0.25}$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El esfuerzo vertical admisible de compresión en la subrasante de acuerdo del criterio Dormon y Kerhoven, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{0.007E_{subr}}{1 + 0.7 \log N}$$

Donde:

- σ_z , es el esfuerzo vertical de compresión de la subrasante (expresado en kg/cm²)
- E_{subr} , es el módulo de elasticidad de la subrasante (expresado en kg/cm²)
- N , es el número de repeticiones admisibles

A partir de lo anterior, en la siguiente tabla se muestran los valores admisibles para la estructura analizada:

deformación máxima tangencial admisible asfalto ϵ_t	Deformación vertical admisible subrasante ϵ_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
3.85E-04	6.48E-04	9.75E-01

Tabla 23. Valores de esfuerzos y deformaciones de la estructura de pavimento (Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros de diseño usados en el modelo mecanicista se presentan a continuación:

PARÁMETROS	VALOR
Radio de carga	10.8 cm
Presión de contacto	5.6 kg/cm ²
Distancia entre eje de ruedas	32.4 cm

Tabla 24. Parámetros de entrada del modelo (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	E (kg/cm ²)	μ
Mezcla asfáltica (MD-19 y MD-GCR)	22.500	0.35
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) o Base Granular Reciclada Tipo A (AR-BG)	2.100	0.40
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular Reciclada Tipo B (AR-SBG)	1.050	0.40
Subrasante	416.00	0.45

Tabla 25. Módulos de elasticidad de los materiales (Fuente: metodología AASHTO-93)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una vez establecidos los valores admisibles y los parámetros de entrada para la evaluación de esfuerzos y deformaciones, a continuación, se presentan los valores de espesores mínimos obtenidos para cada una de las alternativas:

6.5.1. Revisión mecanicista de espesores planteados

A continuación, se realiza la comprobación de los valores admisibles de esfuerzos y deformaciones obtenidos anteriormente para las capas mínimas obtenidas anteriormente y que presenta valores cercanos a los límites anteriormente establecidos (Anexo 4):

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 1		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.61E-04	3.75E-04	4.15E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 26. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 1 (Fuente: Propia)

DISEÑO DE ESTRUCTURA No. 2		
deformación máxima tangencial admisible asfalto ε_t	Deformación vertical admisible subrasante ε_z	Esfuerzo vertical admisible subrasante σ_z
1.10E-04	3.84E-04	4.62E-01
CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 27. Verificación de valores admisibles y calculados Alternativa No. 2 (Fuente: Propia)

6.6. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La mezcla asfáltica (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de subbase granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo SBG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con rajón deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 410-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,5

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95% de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimos para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 28. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h

Tabla 29. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

El anexo técnico del contrato de obra No. 258 DE 2025 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 -

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

7.1.1. **Mezcla asfáltica MD-19**

Las características mecánicas de las mezclas asfálticas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_1 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la mezcla asfáltica. A partir de lo anterior, el coeficiente a_1 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO a una temperatura de 20°C:

$$a_1 = 0.184 * \ln(M_r \text{ asfalto}) - 1.9547$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

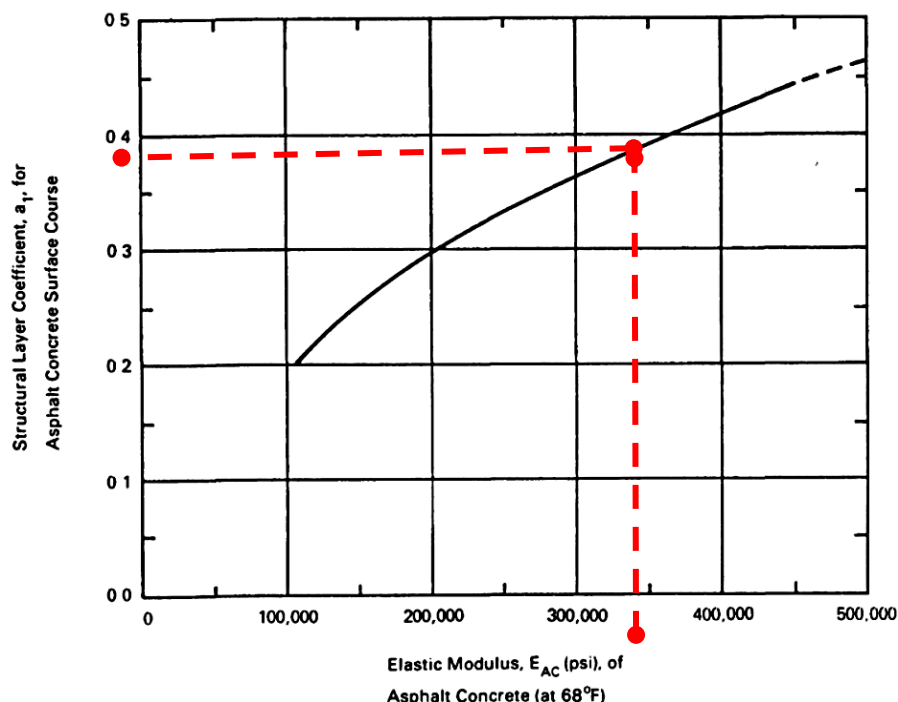


Ilustración 27. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 345.000 psi.

7.1.2. Subbase granular reciclada (AR-SBG) o subbase granular tipo A (SBG-A)

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

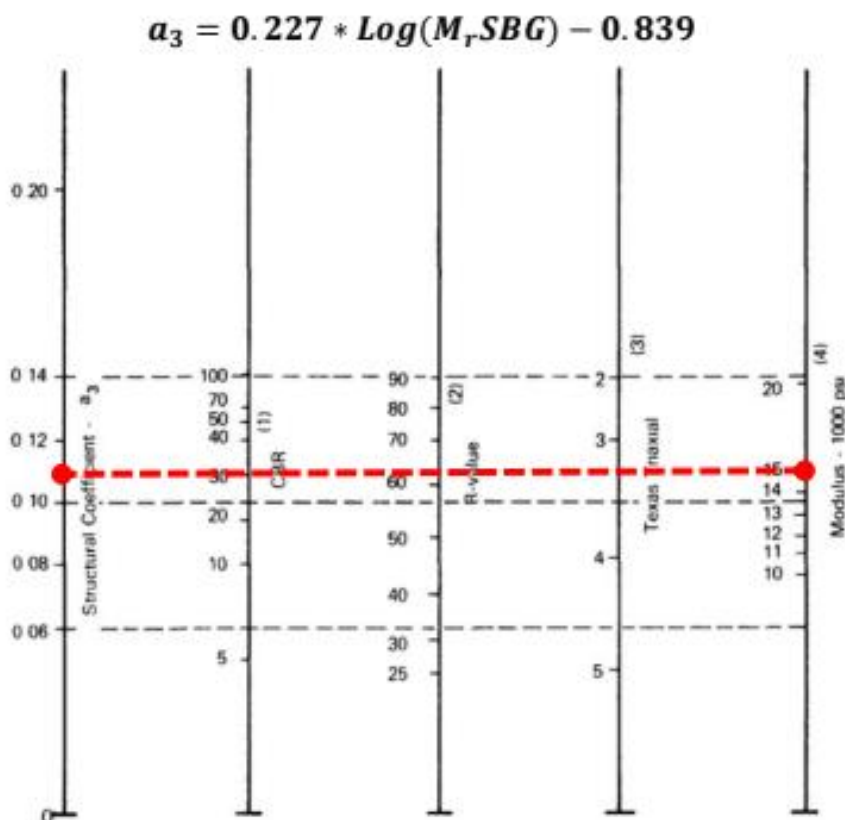


Ilustración 28. Gráfica Coeficiente estructural para capas asfálticas (Fuente: AASHTO)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, encontrándose dentro del rango de módulos descrito anteriormente.

7.1.3. Base Granular Tipo A (BG-A BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) (convencional o reciclada) estabilizada con cemento 5% y aditivo ionizante

Se define como una mezcla de agregados reciclados provenientes de materiales previamente utilizados en estructuras viales, procesados y clasificados, a los cuales se les adiciona un 5% de cemento Portland (como agente hidráulico) con el fin de mejorar la cohesión, resistencia mecánica y comportamiento frente al agua de la subbase granular. De acuerdo a la Especificación Técnica 520-18 del Instituto de Desarrollo Urbano se pueden

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

utilizar aditivos para modificar las propiedades de los materiales, con el fin de alcanzar las condiciones particulares del pavimento por construir.

Características principales:

- AR-BG: Agregado reciclado procesado que cumple con las especificaciones de granulometría y calidad de una subbase granular.
- Cemento 5%: Proporciona una estabilización hidráulica mínima, ayudando a mejorar la rigidez y reducir la deformación permanente.

Las características mecánicas de las bases granulares tratadas con cemento en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_2 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico de la base granular tratada con cemento. A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una subbase estabilizada con cemento se calcula a partir de lo solicitado en la especificación técnica 520-18, respecto a la resistencia a la compresión a 7 días que debe ser de 4.5 MPa.

La adopción de un módulo de elasticidad de 37000 psi para una base granular estabilizada con cemento al 5% se fundamenta en los rangos establecidos por la literatura técnica internacional, los lineamientos metodológicos de AASHTO 93, la documentación técnica de la Portland Cement Association (PCA), recomendaciones del Transportation Research Board (TRB) y los criterios referidos en el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013).

En primer lugar, AASHTO (1993), en su guía para el diseño estructural de pavimentos, establece que los módulos elásticos típicos para capas suelo-cemento con contenidos de 3% a 7% se encuentran en el intervalo de 25000 a 50000 psi. De forma concordante, la Portland Cement Association (PCA. (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association.) indica que materiales estabilizados con 4% a 6% de cemento presentan módulos usuales entre 30000 y 60000 psi, dependiendo del tipo de material granular, la compactación y la calidad del curado. Por su parte, el Transportation Research

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Board, mediante el documento E236 sobre propiedades mecánicas de mezclas suelo-cemento, señala que los módulos elásticos de estos materiales suelen ubicarse entre 28000 y 70000 psi para suelos granulares con dosificaciones de cemento entre 3% y 6% (TRB. (1995). *Soil-Cement: Engineering Properties, Construction Practices, and Performance*. Transportation Research Board, Circular E-236). Con base en estas referencias, el valor adoptado de 37000 psi corresponde a la zona media del rango reportado por la literatura y evita sobreestimaciones que podrían generar diseños no conservadores.

En segundo lugar, el Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013), aunque no establece un módulo único obligatorio para las capas tratadas con cemento, señala que los materiales granulares estabilizados con porcentajes del 3% al 6% suelen presentar módulos equivalentes entre 200 MPa y 400 MPa. El valor adoptado de 37000 psi corresponde aproximadamente a 255 MPa, ubicándose por encima del límite inferior y por debajo del superior sugerido por INVIAS, con lo cual se garantiza una aproximación prudente y coherente con el comportamiento real del material, especialmente bajo condiciones de fisuración y degradación progresiva.

Asimismo, la relación entre la resistencia a la compresión simple (UCS) y el módulo resiliente documentada por AASHTO (1993), PCA (1992) y TRB (1995) indica que los materiales con 5% de cemento, compactados bajo Proctor Modificado, suelen alcanzar resistencias a 7 días entre 3.0 y 4.5 MPa. Utilizando la relación empírica $M_r \approx 1000 \times UCS$, ampliamente citada en dichas fuentes, se obtendrían módulos teóricos superiores a 40000 psi. No obstante, diversas guías de diseño recomiendan reducir este valor para considerar el comportamiento de la mezcla en servicio, la generación de microfisuras y la pérdida progresiva de rigidez, razón por la cual para pavimentos flexibles se adoptan valores convencionales entre 30000 y 50000 psi, siendo 37000 psi coherente con una aproximación conservadora.

Finalmente, la experiencia técnica documentada en proyectos urbanos con suelos blandos y materiales granulares estabilizados en ciudades latinoamericanas muestra que módulos

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

entre 32000 y 45000 psi son típicos en bases con contenidos de cemento entre 4% y 6% (PCA, 1992; TRB, 1995). En ese sentido, el valor adoptado refleja razonablemente el desempeño esperado en condiciones reales de carga y operación, sin incurrir en sobreestimaciones que pudieran comprometer el diseño de la estructura del pavimento.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

CAPA	M_r / E (psi)
base reciclada BG-A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y aditivo	37000

Tabla 30. Propiedades mecánicas de los materiales

Las Especificaciones Técnicas IDU 520-18 aborda las capas de material granular estabilizado con cemento. Según esta especificación, el contenido óptimo de ligante residual debe determinarse mediante el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-738-07), aplicando los siguientes criterios:

- Resistencia de probetas curadas en seco: ≥ 2000 kPa.
- Resistencia conservada tras curado húmedo: $\geq 75\%$.

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo. En la práctica, una dosificación del 5% de cemento ha demostrado ser efectiva para cumplir con estos requisitos, proporcionando una mezcla con adecuada cohesión y resistencia.

A partir de lo anterior, si el valor M_r convencional promedio para una base estabilizada con cemento es 37.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0.18$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje del material se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_2 . Teniendo en cuenta que este material se encuentra tratado con cemento, tiene una capacidad de permeabilidad mayor en comparación a las capas inferiores, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 1.00$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Ahora, La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

f) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

g) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

h) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

i) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

j) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;
- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m³ de aditivo ionizante.

7.2. Cálculo Del Módulo De Reacción K

El módulo de reacción k de la plataforma de soporte se obtiene de la correlación entre el valor del CBR de la capa de subrasante y la capa de transición. Para determinar este módulo k se utiliza el procedimiento descrito en la guía de diseño de AASHTO-93. Para

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

determinar el aporte combinado de subrasante y capa de cuerpo, se definen las siguientes alternativas para pavimento rígido:

- Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada
- Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Convencional o reciclada

El valor del módulo de reacción combinado se obtiene de acuerdo con lo indicado anteriormente, y se ajusta a una pérdida de soporte $LS = 1,0$.

A continuación, se presentan los valores de K Combinado para la Base tipo A (convencional o reciclada) tratada con cemento (Color Azul) y Subbase Granular (Color Naranja):

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje de la izquierda con el valor del módulo de elasticidad de la subrasante.
- Siga una línea recta hasta el espesor del material granular o estabilizado (eje medio).
- Luego cruce una línea hasta el eje derecho correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

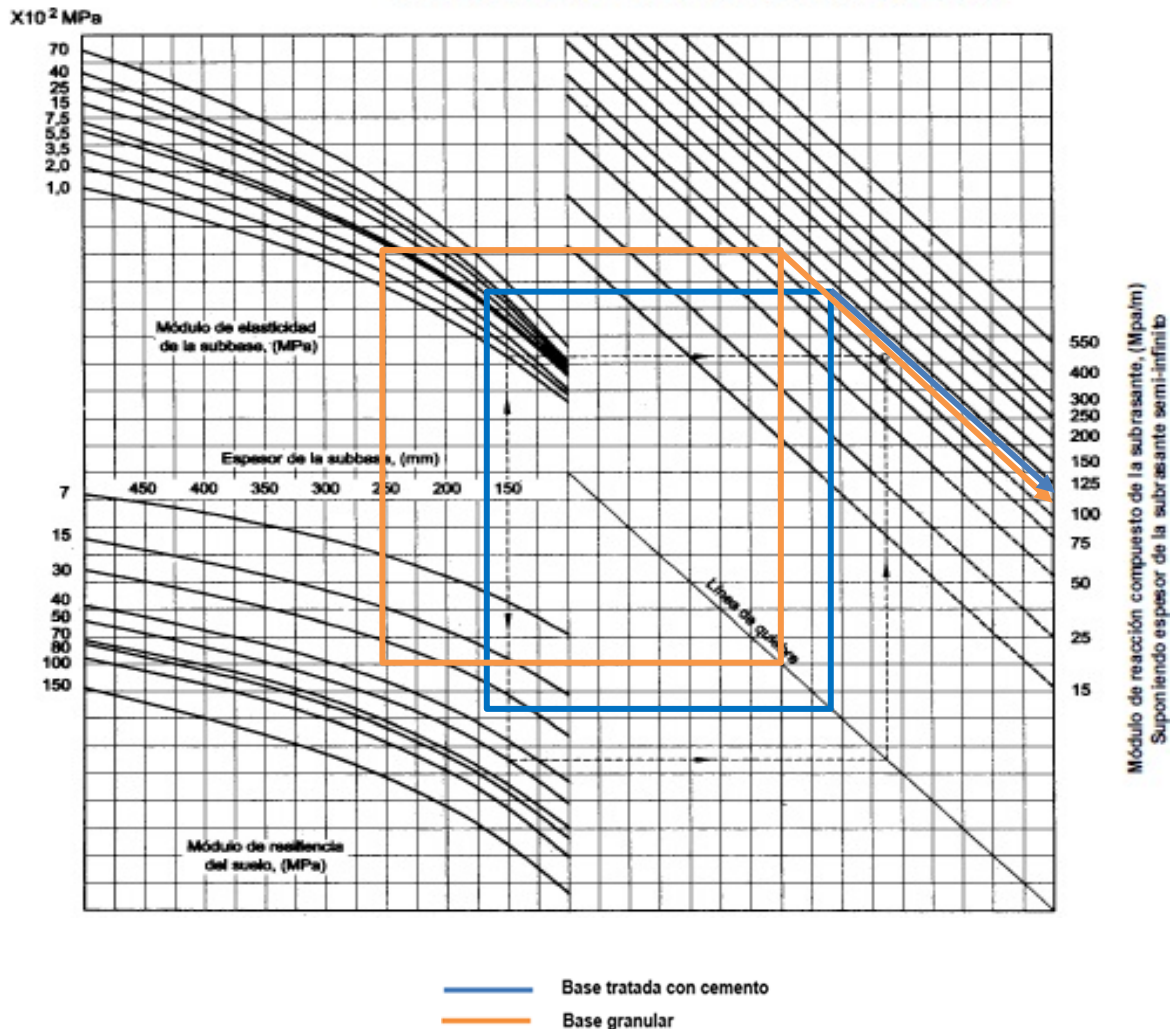


Ilustración 29. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. (Fuente: AASHTO)

Pasos en el nomograma:

- Localice el eje inferior con el valor del módulo k-eq (equivalente).
- Siga una línea recta hasta atravesar la línea de $LS = 1$
- Luego cruce una línea hasta el eje lateral correspondiente al módulo de elasticidad del material.
- El valor leído será el módulo k-eq (equivalente).

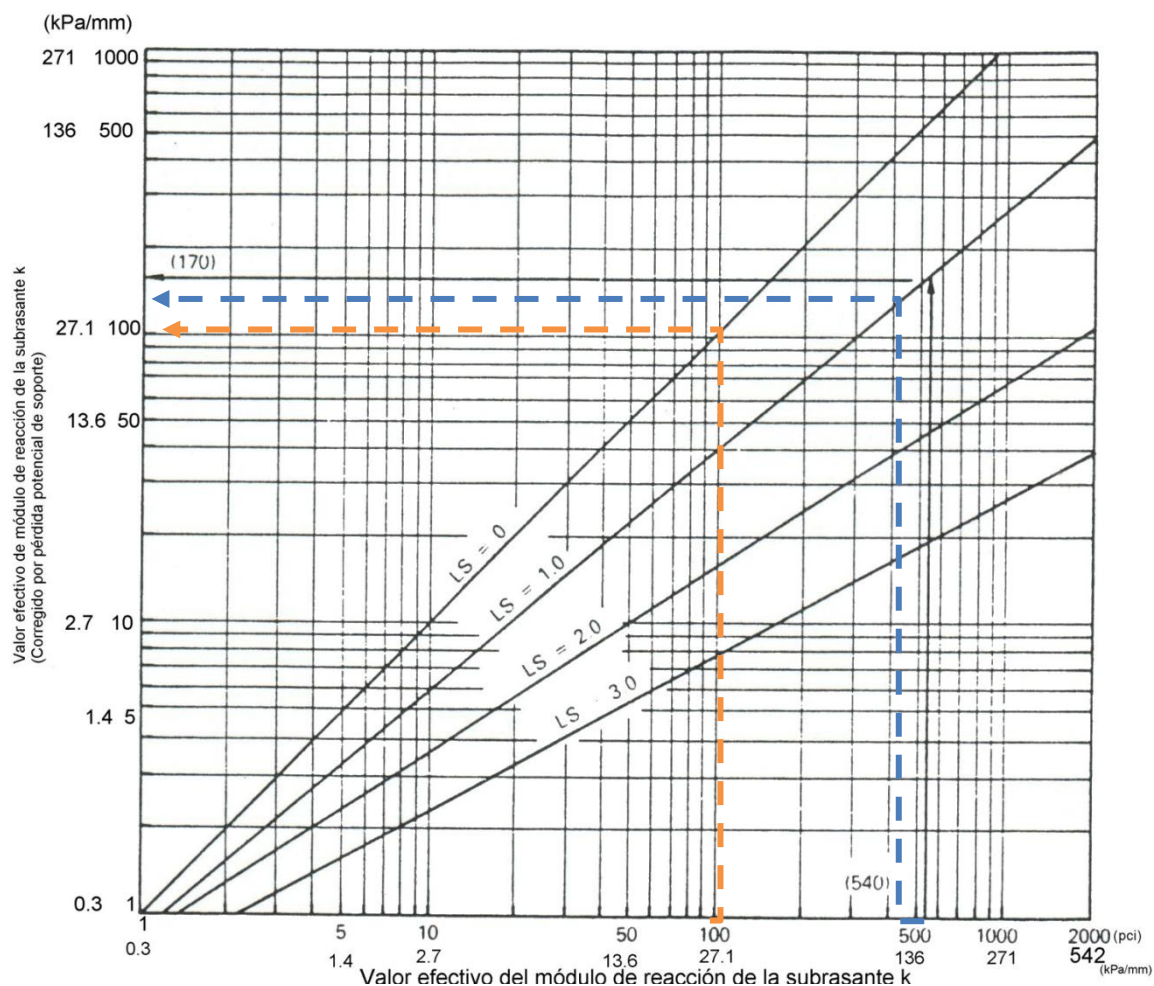


Ilustración 30. Cálculo de Módulo de Reacción combinado (Fuente: AASHTO)

A partir de lo anterior y con el fin de brindar espesores de capa constructivos, se empleará una capa Subbase reciclada (AR-SBG).

CAPA	E (psi)	ESPESOR	k
Base Granular Tipo A (BG-A_BG38) o Base Granular Reciclada (AR-BG-A) Estabilizada con cemento 5%	37000	16 cm	125 pci
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	15000	25 cm	115 pci

Tabla 31. Cálculo de módulo combinado material estabilizado y granular (Fuente: Propia)

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

La construcción de una capa de base granular estabilizada con cemento por debajo de un espesor de 16 cm resulta inadecuada desde los puntos de vista estructural, constructivo, mecánico y de durabilidad. Una capa con espesor insuficiente no cumple los criterios necesarios para garantizar el desempeño esperado dentro del paquete estructural del pavimento y aumenta de forma significativa el riesgo de fallas prematuras.

A continuación, se exponen los argumentos técnicos que sustentan la necesidad de mantener espesores mínimos iguales o superiores a 16 cm.

Las bases estabilizadas con cemento se comportan como materiales semi rígidos con alta rigidez inicial. Su contribución estructural depende no solo de su módulo, sino de su espesor efectivo. Cuando la capa es demasiado delgada, no alcanza a desarrollar la rigidez requerida para distribuir adecuadamente las cargas verticales hacia las capas inferiores.

Una base tratada con cemento por debajo de 16 cm:

- incrementa la tensión de compresión en la subbase y la subrasante;
- reduce la eficiencia del módulo resiliente de la capa estabilizada, ya que el espesor insuficiente hace que la rigidez efectiva sea menor a la calculada en diseño;
- aumenta el riesgo de deformaciones permanentes en las capas inferiores.

En otras palabras, una base muy delgada no actúa como un elemento distribuidor de cargas, sino como una lámina frágil que concentra esfuerzos y acelera la fatiga estructural.

Las bases estabilizadas con cemento tienden naturalmente a fisurar por contracción, retracción hidráulica y cambios térmicos. Cuando el espesor es muy bajo:

- la capa pierde capacidad para absorber microfisuras internas;
- la velocidad de secado es mayor, lo que acelera la contracción;
- aumenta el agrietamiento superficial y longitudinal;
- aumenta la probabilidad de que la fisuración se refleje rápidamente hacia la carpeta asfáltica.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Una capa tratada con espesores menores a 20 cm se comporta como un elemento demasiado rígido y demasiado delgado, lo cual incrementa la densidad de fisuras y deterioros por reflexión, comprometiendo la durabilidad del pavimento.

Una base estabilizada con cemento con espesor menor de 20 cm:

- no alcanza el desempeño estructural requerido;
- pierde rigidez efectiva y genera esfuerzos excesivos en capas inferiores;
- presenta mayores riesgos de fisuración y reflexión a la carpeta asfáltica;
- es difícil de mezclar, controlar y compactar adecuadamente;
- compromete el cumplimiento de la Especificación 520-18 del IDU;
- reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Por todas estas razones, el espesor operativo mínimo recomendado y empleado en el diseño y en obra para bases estabilizadas con cemento es de 20 cm o superior, garantizando confiabilidad estructural, durabilidad y adecuado comportamiento mecánico dentro de la estructura del pavimento.

7.3. Metodología PCA

A continuación, se presentan los parámetros de análisis que se tendrán en cuenta:

PARÁMETROS	VALOR
Ejes equivalentes 8.2 ton proyectados a 20 años (W18)	4.690.000
Módulo de rotura de concreto	4.5 MPa
Módulo de elasticidad del concreto	31000 MPa
Modulo combinado base granular tipo A estabilizada con cemento 5% y aditivo	125 pci
Modulo combinado Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG)Convencional o reciclada	115 pci

Tabla 32. Parámetros de diseño alternativa pavimento rígido. (Fuente: Elaboración propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Se verifica el diseño del pavimento rígido mediante la metodología PCA (Portland Cement Association), asegurando que cumpla con los criterios de desempeño estructural y funcional establecidos para las condiciones de tránsito y características del suelo del proyecto. La metodología PCA se fundamenta en el análisis de esfuerzos y deformaciones en losas de concreto, considerando factores como cargas de tráfico, propiedades del material, condiciones de soporte y parámetros ambientales, con el fin de garantizar una vida útil adecuada y minimizar riesgos de falla prematura.

El análisis se realizará mediante el software PCAcalcula (versión 1.2), GRUA. utilizando la metodología PCA – 84 (Portland Cement Association -1984).

ALTERNATIVA 1	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	20 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE	25 Cm
CBR	4.0

Espesor de losa :	200	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	53	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	0.91	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.54	cm

Ilustración 31. Verificación fatiga – erosión (alternativa 1), PCA

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El espesor de 200 mm de la losa propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

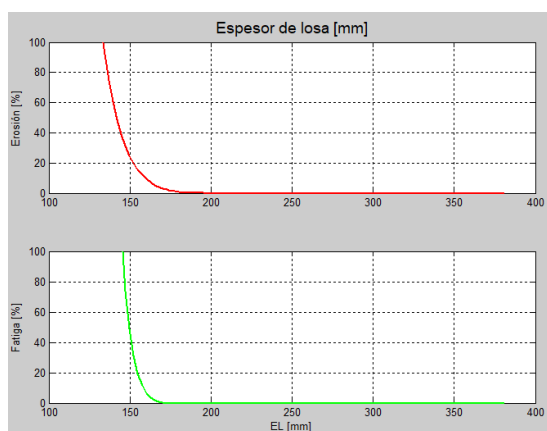


Ilustración 32. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

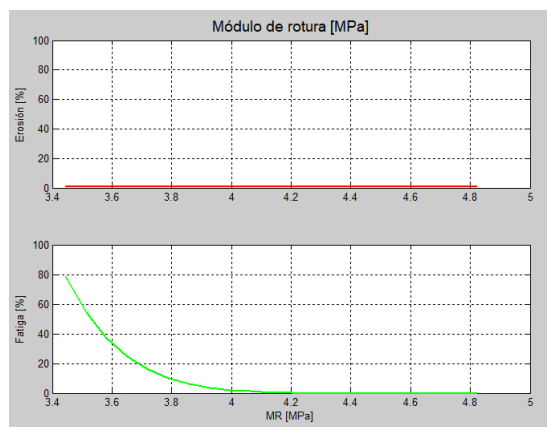


Ilustración 33. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

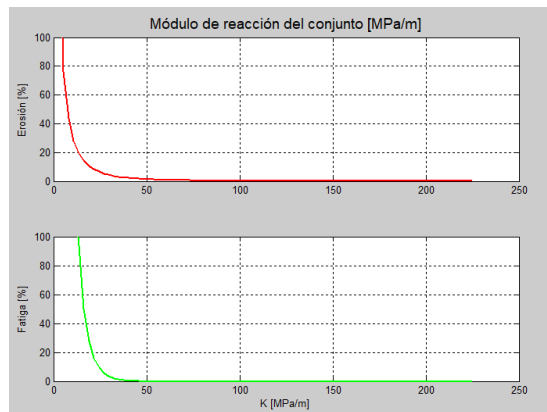


Ilustración 34. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

ALTERNATIVA 2	
PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR
CONFINAMIENTO DE ESTRUCTURA	DOVELAS: SI – BERMAS: SI
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA	1.0
CONSUMO DE FATIGA	<100
CONSUMO DE EROSIÓN	<100
MODULO DE ROTURA (MR)	652 PSI (45MPa)
ESPESOR PROPUESTO DE LA LOSA	20 Cm
ESPESOR PROPUESTO DE SUB BASE ESTABILIZADA	16 Cm
CBR	4.0

Espesor de losa :	200	mm
Módulo de rotura :	4.50	MPa
K del conjunto :	44	MPa/m
Periodo de diseño :	20	años
Porcentaje de fatiga	0.00	
Porcentaje de erosión	0.76	
Recomendación para barras de anclaje:		
Longitud:	60	cm
Separación entre barras:	105	cm
Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):		
Longitud:	35	cm
Separación entre barras:	30	cm
Diámetro de barras:	2.54	cm

Ilustración 35. Verificación fatiga – erosión (alternativa 2), PCA

El espesor de 180 mm de la losa propuesta cumple con los criterios de fatiga y erosión.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

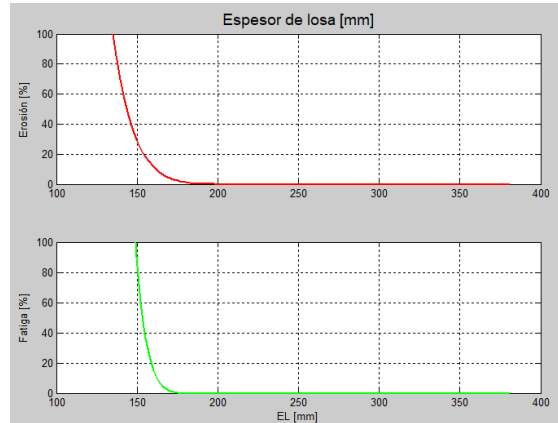


Ilustración 36. Análisis de sensibilidad, espesor de la losa.

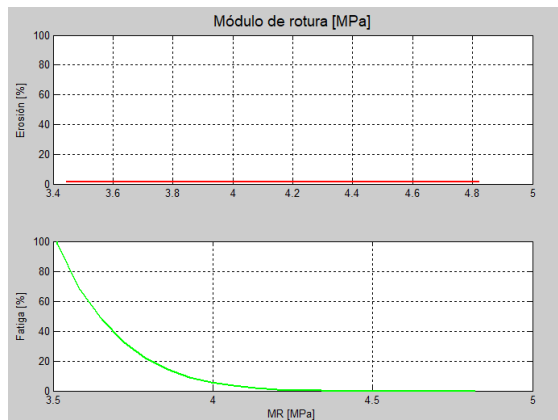


Ilustración 37. Análisis de sensibilidad, módulo de rotura.

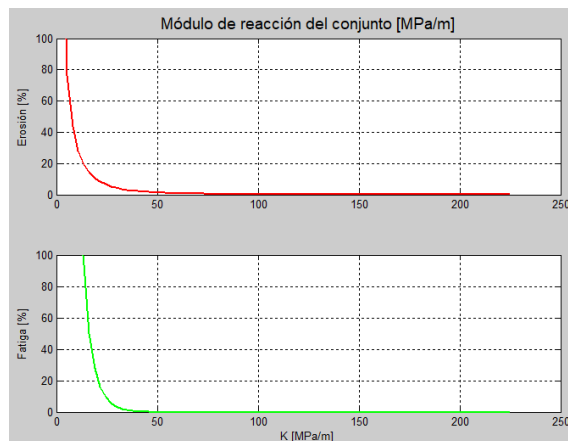


Ilustración 38. Análisis de sensibilidad, módulo de reacción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.4. Alternativas de diseño de pavimento rígido

Basados en los parámetros antes mencionados, se plantean diferentes alternativas de mezclas de concreto y granulares como se presentan a continuación:

7.4.1. Alternativa 1: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) y mejoramiento con geocelda

En el caso de Losas de Concreto MR-45, capa anti erosiva que en la práctica corresponde a una MD-19 de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU ET 2018, Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	20	800-18	4.502.639 PSI	-
CAPA ANTI EROSIVA MD-19	5	620-18	345.000 PSI	115 PCI
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) Convencional o reciclada	25	533-18	15.000 PSI	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m		411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3619.60 PSI	

Tabla 33. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 1 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.4.2. Alternativa 2: Losa de concreto MR-45, Subbase reciclada (AR-SBG) estabilizado con cemento 5% con cemento y mejoramiento con geocelda

En el caso de las losas de concreto Mr-45, Base granular tipo A (convencional o reciclada) estabilizado con cemento 5% y mejoramiento con geocelda H=15 cm con sello, se obtienen los siguientes resultados (Anexo 3):

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO	VALOR DE MODULO COMBINADO
Losa de concreto MR-45	20	800-18	4.502.639 PSI	-
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo líquido iónico	16	533-18	37.000 PSI	150 PCI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18		
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR-SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI	
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18		
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1 m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18		
Subrasante	-	-	3619.60 PSI	

Tabla 34. Espesores de diseño de pavimento rígido método AASHTO, alternativa 2 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Así mismo, en el anexo 3 se encuentra la verificación a través de las tabla 4-4 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T2 como factor principal para el espesor de losa arrojado.

7.5. **Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción**

Para efectos de aplicación todos los materiales incluidos en este diseño deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018):

- La capa anti erosiva (MD-19) deberá cumplir con todo lo señalado en la sección 620-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). La lámina de polietileno de baja densidad (LDPE), con espesor mínimo de 200 micras, ubicada entre la losa de concreto MR-45 y la capa anti-erosiva MD-19, actúa como una barrera eficaz contra la pérdida de humedad durante las primeras horas de fraguado del concreto, lo que ayuda a controlar el proceso de curado, disminuye el riesgo de fisuración por retracción plástica y mejora la calidad superficial de la losa. Además, cumple una doble función al reducir el coeficiente de fricción en la interfaz losa-base y al impedir el ascenso de humedad desde las capas inferiores, lo que resulta especialmente beneficioso en zonas húmedas o con suelos poco drenantes. Esta recomendación se alinea con lo establecido por documentos técnicos como el ACI 302.1R y la especificación ASTM C171, y representa una solución de bajo costo con un alto impacto positivo sobre la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento.
- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

- El riego de imprimación deberá ser un tipo CRL-0 o CRL-1, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 610-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).
- La capa de base granular mejorada con cemento hidráulico deberá ser un tipo BG-CH, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 520-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018). Se utilizan subbases tratadas con cemento teniendo en cuenta la erosionabilidad que se produce en los pavimentos rígidos, para el uso de la subbase tratada con cemento más aditivo químico se recomienda realizar el diseño de mezcla correspondiente, de acuerdo a la especificación técnica 520-18.
- El material de mejoramiento con geocelda deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 412-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

La geocelda a utilizar corresponde a un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE), termo-soldado mediante ultrasonido para conformar un entramado flexible y de alta resistencia, destinado al confinamiento de material granular tipo subbase.

Configuración Propuesta

Altura nominal: 150 mm (15 cm)

Espesor de pared: $\geq 1,5$ mm

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Apertura de celda (romboidal/hexagonal): 250 – 300 mm

Tipo de relleno: Subbase Granular Tipo B (SBG-B) o AR-SBG reciclada

Factor de mejoramiento de módulo (MIF): 1,3

Propiedades Técnicas Mínimas Requeridas

Propiedad	Unidad	Valor mínimo exigido	Referencia técnica / Norma
Resistencia a tensión (pared de celda)	kN/m	≥ 20	ASTM D4595 / ISO 10319
Resistencia a fusión de soldadura	% de lámina base	≥ 100	ASTM D4437
Densidad del material	g/cm ³	0,94 – 0,96	ASTM D1505
Estabilidad UV	% retención resistencia	≥ 70 % después de 500 h exposición	ASTM D4355

Condiciones de Instalación

Extensión de geoceldas sobre subrasante previamente nivelada y compactada.

Fijación mediante anclajes metálicos o plásticos cada 2,0 m en sentido transversal y longitudinal.

Relleno y compactación de celdas con material granular en capas de mínimo 10 cm.

Un geotextil es un geosintético permeable elaborado con materiales textiles, los geotextiles no pueden ser considerados como productos textiles tradicionales, debido a que son elaborados con fibras sintéticas con un amplio rango de propiedades, los principales polímeros usados para su fabricación son el polipropileno, poliéster, polietileno, polietileno y poliamida. Los filamentos, o fibras pueden ser monofilamento, multifilamento, discontinuas, cortadas, bicomponente, y se ensamblan para formar hilos. Al menos un 95%

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de las fibras en masa deben ser sintéticas, y deben ser protegidas contra la descomposición. Los geotextiles se clasifican basados en la forma de colocación de los hilos para formar los hilos en tejido y no tejidos. Los geotextiles tejidos son formados por un entretejido uniforme regular de hilos en dos direcciones, son fabricados a partir de hilos conformando un patrón uniforme con aberturas visibles, que mantienen su posición relativa entre ellas.

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 35. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N
Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Tabla 36. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7.6. **Características Geométricas de la Losa**

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.7. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

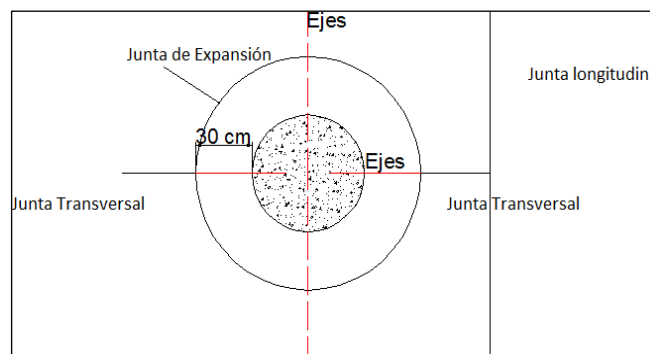


Ilustración 39. Junta en pozos

- Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

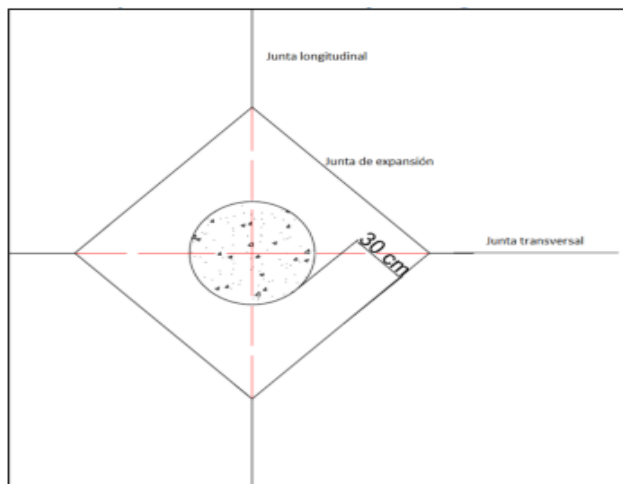


Ilustración 40. Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

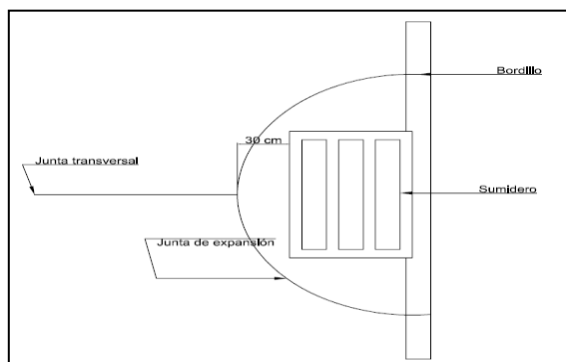


Ilustración 41. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

7.8. Características de las Barras de Transferencia y Amarre

Respecto a las características de las barras de transferencia y de amarre, se definen las siguientes características:

El acero de transferencia debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.20 m
Tipo	Lisa
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	10
Separación de las barras (cm)	30
Largo de las barras (cm)	35

Tabla 37. Características de las barras de transferencia. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El acero de amarre debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60.000 psi.

CARACTERÍSTICAS	E= 0.20 m
Tipo	corrugada
Diámetro comercial de las barras (in)	1/2"
Profundidad de las barras (cm)	10
Separación de las barras (cm)	120
Largo de las barras (cm)	85

Tabla 38. Características de las barras de amarre. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

7.9. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.20 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	6,67
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

Tabla 39. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.10. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:

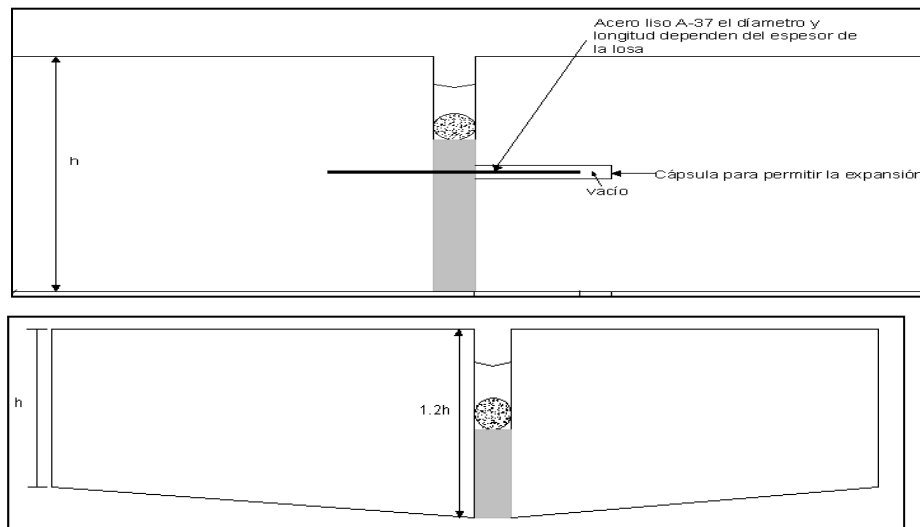


Ilustración42. Detalle Junta de expansión

7.11. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.

- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

8. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Se entrega en formato DWG en el anexo 8, los detalles constructivos que irán dentro de la modulación particular de cada segmento vial, estos son:

- Detalle de espesores y capas granulares, para casos sin mejoramiento y con mejoramiento.
- Detalle de modulación de losas para la zona de intervención.
- Disposición de refuerzo de losas irregulares.
- Detalle de ubicación de barras de transferencia lisas.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Detalle constructivo de barras de amarre corrugadas.
- Detalle de corte inicial de juntas de juntas y corte final con instalación de sellante.
- Detalle de juntas de expansión contra estructuras existentes.
- Detalle de construcción de canastillas para soporte de barras de transferencia lisas.
- Detalle de empalme pavimento rígido. Flexible (pata de elefante)

Antes de la conformación de la capa de mejoramiento, se debe retirar el material de desecho de construcción y/o materia orgánica existente en la superficie que pueda generar contaminación

En caso de encontrarse fallos puntuales en la subrasante o la presencia de limos/arcillas con alto contenido orgánico (comúnmente color negro y/o con presencia de raíces), se deberá reemplazar el material por un espesor mínimo de 30 cm en material de rajón.

Además en casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición , relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

Para la selección de la estructura más adecuada para la intervención, el área técnica del contratista de obra en conjunto con la interventoría deberá evaluar presupuestalmente las alternativas anteriormente presentadas y elegir aquella que se ajuste a las necesidades del proyecto.

8.1. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Transporte:** la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- **Extensión y conformación:** la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

8.2. **Proceso constructivo general para materiales granulares**

- Preparación de la superficie para el uso de material granular: la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.
- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8.3. **Proceso constructivo general para mezclas asfálticas**

- Preparación de la superficie existente: la instalación de riegos asfálticos y mezclas asfálticas no se debe realizar mientras no se haya validado que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella. Antes de aplicar cualquier mezcla asfáltica, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego asfáltico instalado previamente, sin que haya quedado restos de fluidificante, ni de agua en la superficie.
- Extensión de la mezcla: la mezcla se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos del proyecto o determinados en la obra por el Interventor. A menos que se expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales, comenzado de los bordes de la calzada, en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La pavimentadora debe ser regulada, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en las especificaciones. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. No se debe permitir la segregación de materiales. La extensión de la mezcla

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora conforme la disponibilidad de la mezcla que llega a obra, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Cuando existe intermitencia en el trabajo, y se está extendiendo mezclas calientes o tibias, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no esté por debajo de la temperatura mínima en la descarga indicada en el informe del diseño de la mezcla; de lo contrario, se debe desechar la mezcla fría y ejecutar una junta transversal.

- **Compactación:** la compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos; no se permiten, sin embargo, excesos de agua. Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo de neumáticos para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados durante el tramo experimental, se deben compactar con los medios que resulten adecuados

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida.

- Juntas de trabajo: todas las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada. Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deben cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar manualmente una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente. El borde de la capa extendida con anterioridad debe ser cortado verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, la cual se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. A continuación, se debe extender contra ella la nueva mezcla, compactar, y dar terminado con elementos adecuados, antes de permitir el paso definitivo del equipo de compactación. En las capas que funcionen como rodadura, las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los elementos de apoyo adecuados para los equipos de compactación. Los bordes de las juntas longitudinales que sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deben ser cortados para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisonos, deben ser compactadas mecánicamente. Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales, y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

9. CONCLUSIONES

Del análisis comparativo efectuado entre las alternativas de pavimento flexible y pavimento rígido, se determina que, para las condiciones particulares del proyecto, la solución de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

pavimento flexible resulta más conveniente y racional desde el punto de vista técnico–económico y operativo. Si bien el pavimento rígido presenta un buen desempeño a lo largo del tiempo, su mayor inversión inicial y las restricciones constructivas asociadas no resultan plenamente justificadas frente a una vía con tránsito predominantemente liviano y con necesidad de intervenciones futuras por redes o ajustes de urbanismo.

El pavimento flexible, diseñado conforme a la metodología AASHTO 93, la Norma de Diseño de Pavimentos del INVIAS (2013) y los lineamientos de la GU-IC-019 del IDU, permite adoptar una estructura escalable con periodo inicial de diseño de diez (10) años, ampliable mediante actividades de mantenimiento programado (bacheo localizado, sello, recapado), las cuales son de menor costo unitario y más fáciles de ejecutar sin afectar de manera significativa la operación de la vía. Esta característica de “mantenibilidad” es especialmente útil en entornos urbanos donde es frecuente la intervención de servicios públicos y donde la administración local no siempre dispone de presupuestos altos para rehabilitaciones mayores.

Adicionalmente, el pavimento flexible ofrece ventajas frente a la variabilidad del soporte observada en los apiques, particularmente por la presencia de arcillas de plasticidad media–alta dentro de la zona activa: al tratarse de una estructura más tolerante a pequeñas deformaciones y más sencilla de reforzar, el riesgo de fisuración refleja o de fallas localizadas puede manejarse con intervenciones superficiales, sin necesidad de demoler grandes paños como ocurre en pavimentos rígidos.

En línea con los principios de economía, eficiencia del gasto público y facilidad de conservación, se considera que el pavimento flexible proporciona una solución técnicamente adecuada, de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y con una operación más sencilla para la entidad durante su ciclo de vida. Por lo anterior, y una vez evaluadas las condiciones de tránsito, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento, se propone técnicamente la adopción de una estructura de pavimento flexible, cuya conformación se detalla en el acápite siguiente.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR- SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3619.60 PSI

Tabla 40. Alternativa recomendada Fuente Propia.

10. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.

- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.
- De acuerdo al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10 APROVECHAMIENTO DE LLANTAS USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local). Razón por la cual, en el caso de usar mezclas asfálticas, las mismas podrán ser reemplazadas por mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado del tipo MCCh25, con el fin de dar cumplimiento al decreto señalado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
	Versión 001	

- Para la construcción de las obras se recomienda la implementación de sistemas de drenajes y filtros en los sectores donde se requieran de acuerdo con las consideraciones que sean presentadas por el especialista hidráulico. Especialmente se recomienda que estos elementos sean construidos en zonas adyacentes a parques, zonas verdes, o áreas abiertas donde pueda haber infiltración de agua superficial.
- Debe verificarse y diagnosticar la condición actual de las estructuras de drenaje y/o demás estructuras de servicios públicos de la vía, en caso de requerirse, se realizará la reposición de cunetas u otras obras de drenaje. En el comportamiento de la estructura de pavimento, es necesario tener en cuenta la notable influencia de ciertos factores en las propiedades mecánicas de los materiales. Elementos como la vegetación se pueden encontrar a los costados del tramo vial en estudio, los cuales pueden repercutir negativamente en el comportamiento geotécnico de la estructura y el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje por lo que se recomienda su limpieza periódica.
- En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, se recomienda utilizarla como la primera capa de la carpeta asfáltica de la siguiente forma:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Tabla 41. Espesor de GCR

- La dosificación del material corresponde al siguiente cálculo, basado en datos históricos de la densidad de los materiales a estabilizar:

- Cálculo de materiales por m³ de sub-base

Densidad del material granular:

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
	<p>Versión 001</p>	

Densidad del material granular = 2052 kg/m³

Cemento (5% en peso):

Cemento = $0.05 \times 2052 \text{ kg} = 102.6 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^3$

Aditivo líquido iónico 1 litro por m³ suelto

- Resumen de materiales por m³ suelto

Material granular: 2052.00 kg

Cemento: 100 kg

Aditivo líquido iónico: 1 lt

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p><i>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</i></p>
	<p>Versión 001</p>	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0006-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008578, 8008835.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008578, 8008835, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para dos (2) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008835	CL 41B SUR	TV 74	CL 41A S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008578	CL 41B SUR	CL 41A S	KR 75A BIS

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de vía, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8008578, 8008835”**, y que se presenta a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)	ESPECIFICACIÓN IDU	VALOR DE MODULO
MD-19-ET-620-18 (MD-12)	5	620-18	345.000 PSI
Riego de liga, emulsión CRR-1	-	611-18	
MCCH25	7	625-18	
Imprimación, emulsión CRL -1	-	610-18	
Base Granular (AR_BG38) estabilizada con cemento (5%) y aditivo liquido iónico	16	520-18	37.000 PSI
Geomalla multiaxial, resistencia a fluencia ³ 300 kN/m	-	242-18	
Subbase Granular Tipo A (SBG-A) o Subbase Granular Reciclada (AR- SBG50) (AR-SBG) o Subbase Granular reciclada (AR-SBG) con Geocelda h=15cm	20	412-18	10433.8 PSI
Geotextil tejido, método tira ancha >60 kN/m	-	411-18	
Barrenos de cal en tresbolillo cada 1m perforaciones de 1 m de profundidad	-	231-18	
Subrasante			3619.60 PSI

Cumpliendo económicamente por ser de menor costo inicial, compatible con los perfiles viales proyectados y garantizando periodos de diseño, condiciones de tránsito actual y proyectado, suelo de fundación y capacidad institucional para el mantenimiento.

En cuanto al uso de la mezcla modificada con Grano de caucho reciclado, para dar cumplimiento al decreto 442 de 2015, donde se indica que su artículo 10, APROVECHAMIENTO DE LLANTAS

Julián Alberto Barriga
Ingeniero civil
Esp. Pavimentos

USADAS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL DISTRITO CAPITAL. Modificado por el art. 4°, Decreto Distrital 265 de 2016. Desde el 1 de julio de 2016, se emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, para su instalación en los segmentos viales que se requieran para el cumplimiento de la normativa ambiental, y como se recomienda utilizarla por parte del consultor, en la primera capa de la carpeta asfáltica como se ilustra a continuación:

MATERIAL	ESPESOR REQUERIDO (cm)
MD-19	5
MD-GCR	7

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV'S 8008578, 8008835.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE



**ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY
CONTRATO COP-938-2025**

**CONTRATISTA
CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S
8006814, 8008128, 8008465 Y 8007134**

BOGOTÁ D.C., FEBRERO 2026

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES	7
2.1 Metodología	7
2.2 Normatividad Consultada	8
2.3 Condiciones Climáticas	8
2.4 Localización y descripción de los segmentos viales	11
2. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI	13
3. TRÁNSITO DE DISEÑO	15
4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	17
5.1 Estratigrafía	20
5.2 Nivel freático	21
5.3 Ensayos de caracterización física	21
5.4 Análisis de potencial de expansión	24
5.5 Ensayos de capacidad de soporte del suelo	25
5. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	27
6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES	27
6.1.1. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) convencional o reciclada	29
6.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS	30
6.3. ESPESORES DE ESTRUCTURAS:	31
6.3.1. Estructura para criterio de diseño para vía peatonal	31
7. RECOMENDACIONES DEL PAVIMENTO RÍGIDO	34
7.1. Características Geométricas de la Losa	34

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

7.2. Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas	35
7.3. Juntas de Transferencia.....	37
7.4. Juntas de Expansión	37
7.5. Sellado de Juntas y ventana de corte	38
7.6. Equipos para los materiales granulares	40
7.7. Proceso constructivo general para materiales granulares.....	43
8. CONCLUSIONES.....	45
9. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)	12
Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)	14
Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006814 (Fuente: Propia)	14
Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007134 (Fuente: Propia)	14
Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 80008465 (Fuente: Propia)	15
Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008128 (Fuente: Propia)	15
Tabla 7. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)	18
Tabla 8. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)	21
Tabla 9. Tipos de intervención. (Fuente: Propia).....	24
Tabla 10. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)	25
Tabla 11. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia).....	25
Tabla 12. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia).....	25
Tabla 14. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia).....	26
Tabla 15. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)	27
Tabla 16. Criterios de diseño	31
Tabla 17 Criterios de diseño 3	32

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Tabla 18. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018	33
Tabla 19. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025	34
Tabla 20. Ancho de losa por CIV. Fuente: Elaboración propia.	34
Tabla 21. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.....	37

LISTA DE ILUSTRACIONES

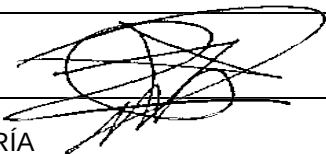
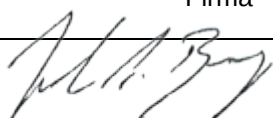
Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)	9
Ilustración 4. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)	11
Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8006814. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	12
Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8007134. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU) ..	12
Ilustración 7. Ubicación Segmento vial 8008465. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	13
Ilustración 8. Ubicación Segmento vial 8008128. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)	13
Ilustración 9. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth).....	19
Ilustración 10. Perfiles Estratigráficos (Fuente: Propia)	20
Ilustración 11. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia).....	23
Ilustración 12. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar (Fuente: metodología AASHTO-93)	29
Ilustración 13. Junta en pozos	35
Ilustración 14. Junta en Pozos	36
Ilustración 15. Junta en Sumideros	36
Ilustración 16. Detalle Junta de expansión.....	38

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORACIÓN	NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	03/02/2026
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
	Diego Caballero Rojas	Especialista en pavimentos		
APROBACIÓN	Vo.Bo. INTERVENTORÍA			
	REVISÓ	CARGO	Firma	
	Julian Barriga	Especialista en pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra COP-938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y el CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diagnósticos, estudios y diseños de la infraestructura de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Adicionalmente, se propondrán alternativas de estructuras de pavimento contemplando los diferentes factores existentes en los tramos tales como, redes sanitarias y pluviales, sumado al uso de materiales reciclados, con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

En el presente informe se describe la modelación y diseños estructurales de pavimentos para ser adoptados en la intervención de los segmentos viales identificados con CIV'S 8006814, 8008128, 8008465 y 8007134 al sur-oriente de la ciudad de Bogotá D.C., con base en el cual más adelante se proponen y modelan alternativas de diseño de la intervención para el mejoramiento de sus condiciones operacionales en su totalidad.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
<p>ALCALDÍA DE KENNEDY</p>	<p>Versión 001</p>	

1. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la metodología y normativa consultada para la elaboración de los estudios y diseños de pavimento. Así mismo, la ubicación de las vías a diseñar. De acuerdo con el anexo técnico del contrato de obra 938 DE 2025, el presente informe acoge a las metodologías convencionales ya sean de carácter analítico, mecanicistas o racionales. Para lo que compete a este diseño se realizará a través de la metodología AASHTO, Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C. y comprobación mediante la modelación de método mecanicista o racional.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de la elaboración de los estudios y diseños, se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión de la información contenida en el anexo técnico del respectivo contrato de consultoría.
- Verificación de las hipótesis de diseño y elaboración del diseño, acogiendo las Especificaciones Técnicas de materiales de acuerdo con la normatividad vigente.
- Revisión de la Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Análisis del estudio de tránsito y determinación de número de ejes equivalentes de diseño y evaluación del tránsito por cada segmento vial y de acuerdo con la *“Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C.”* en la Tabla 4.4 *Categoría de tránsito de diseño*.
- Diseño de una estructura de pavimento por medio de la metodología AASHTO-93.
- Verificación estructural de esfuerzos y deformaciones por método racional.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

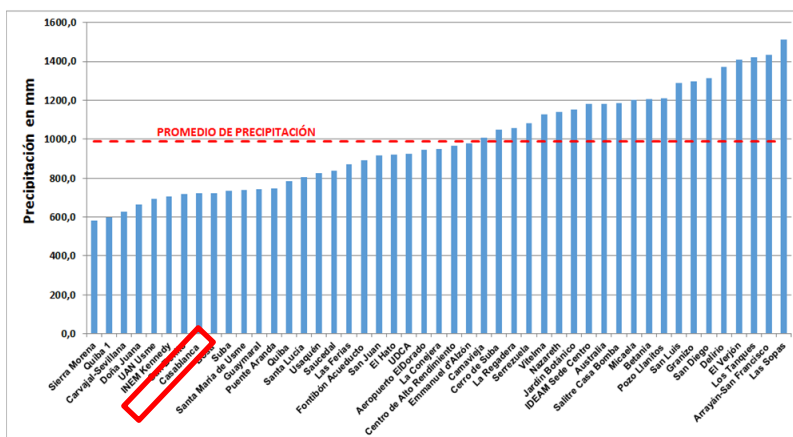
2.2 Normatividad Consultada

Para realizar una apropiada elaboración del diseño, se tendrá en cuenta:

- Metodología de diseño de pavimentos The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, ampliamente utilizada en el medio colombiano.
- Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
- Resolución número 010910 DE 2019 que en su artículo 3, precisa que el documento ET-IC-01 -Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018) debe ser adoptado.

2.3 Condiciones Climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



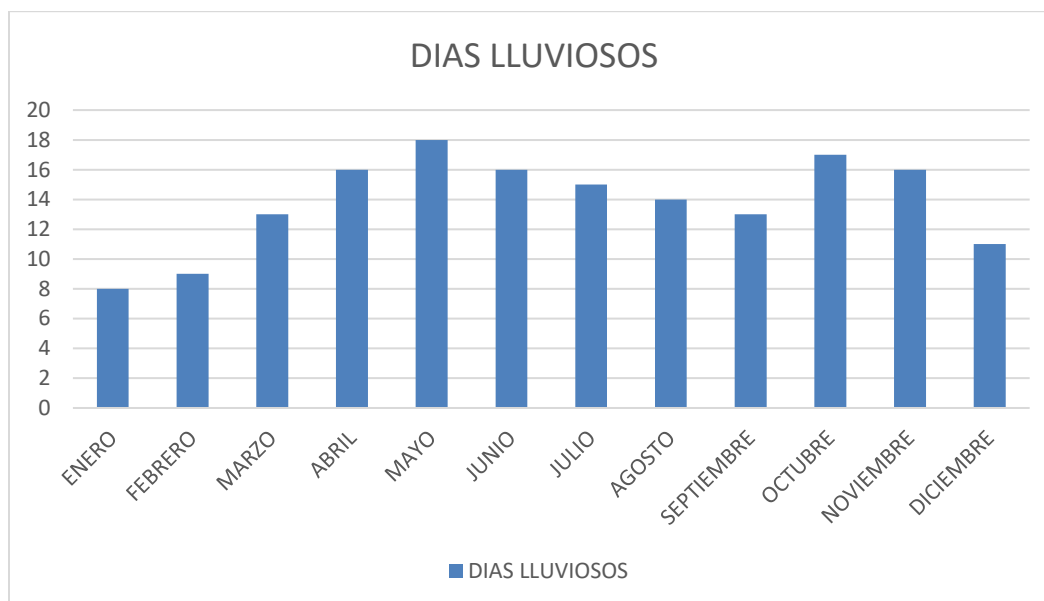
Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	17	16	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	24	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 1. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

2.4 Localización y descripción de los segmentos viales

Los segmentos viales que se relacionan a continuación se encuentran en la UPL KENNEDY CENTRAL y se catalogan como malla vial local peatonal. A continuación, se presenta su ubicación y las características geométricas más relevantes:

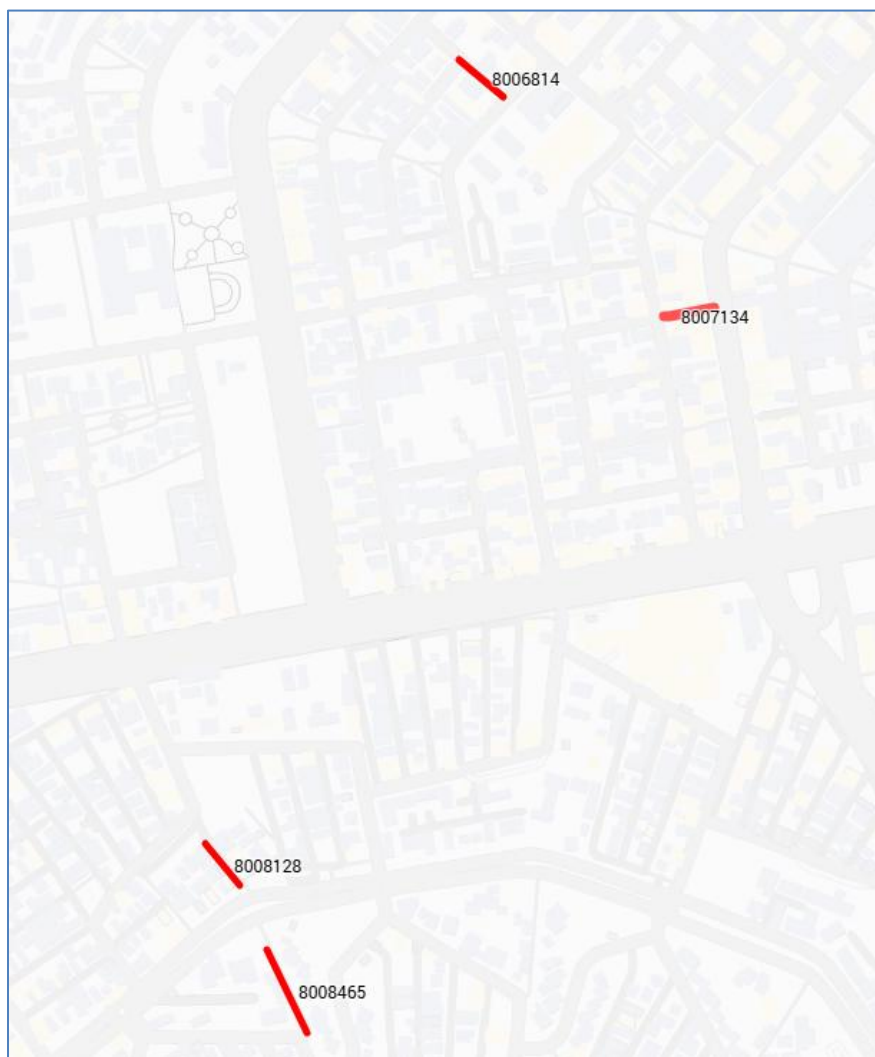


Ilustración 2. Ubicación segmentos viales (Fuente: Propia- Google Earth)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

CIV	EJE	DESDE	HASTA	ÁREA (m2)
8006814	CL 40A S	KR 78H	KR 78I	328,45
8007134	TV 78A	CL 40 S	CL 40B S	300,24
8008465	CL 41B SUR	KR 75A BIS	TV 78	508,44
8008128	CL 41B SUR	TV 78	KR 78B	254,09

Tabla 1 Información general de los segmentos viales (Fuente: Propia)

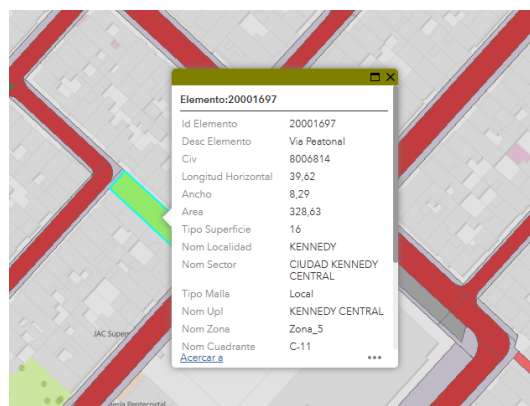


Ilustración 3. Ubicación Segmento vial 8006814. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

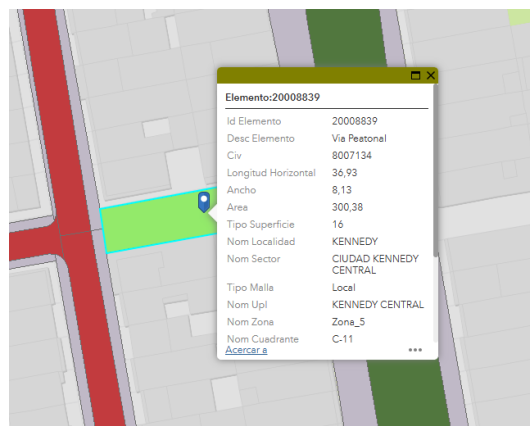


Ilustración 4. Ubicación Segmento vial 8007134. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

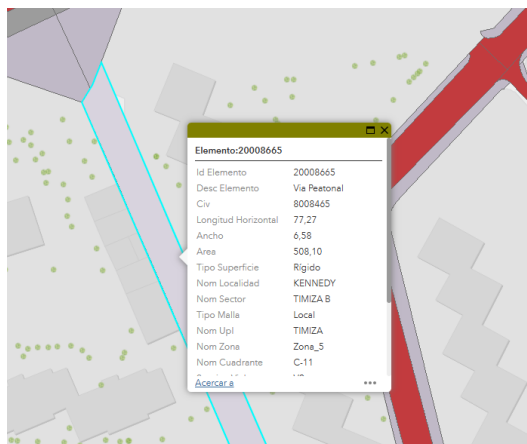


Ilustración 5. Ubicación Segmento vial 8008465. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

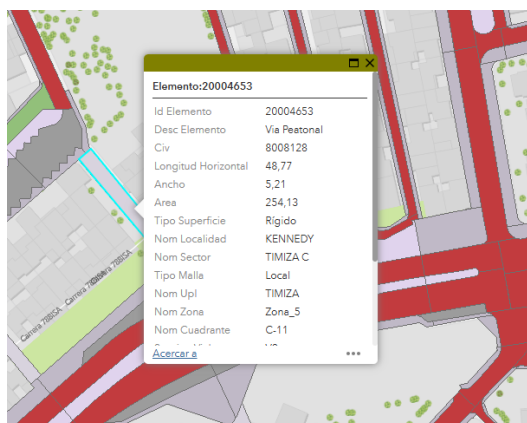


Ilustración 6. Ubicación Segmento vial 8008128. (fuente: Inventario Malla Vial – IDU)

2. DIAGNÓSTICO VIAL POR LA METODOLOGÍA PCI

En el presente apartado se muestra el panorama general del estado actual de los tramos viales de estudio, los cuales fueron mostrados en el documento DIAGNÓSTICO DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY. Allí se evaluaron las condiciones de operación en términos de la estructura de pavimento y su condición superficial a partir de los lineamientos establecidos en la metodología Pavement Condition Index – PCI. De acuerdo con la evaluación funcional y estructural, en el diagnostico vial se recomendó una intervención del tipo RECONSTRUCCIÓN debido al estado actual de las vías de acuerdo a los daños que fueron relacionados en el documento de diagnóstico. Teniendo en cuenta lo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

anterior se presenta los resultados de diagnóstico para cada uno de las unidades de muestreo que hacen parte de los segmentos viales:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	TIPO DE ESTRUCTURA	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8006814	CL 40A S	KR 78H	KR 78I	FLEXIBLE	REHABILITACION
8007134	TV 78A	CL 40 S	CL 40B S	FLEXIBLE	REHABILITACION
8008465	CL 41B SUR	KR 75A BIS	TV 78	AFIRMADO	RECONSTRUCCIÓN
8008128	CL 41B SUR	TV 78	KR 78B	AFIRMADO	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 2. Tipo de intervención del segmento vial de acuerdo a diagnostico (Fuente: Propia)



Tabla 3. Registro fotográfico segmento vial CIV 8006814 (Fuente: Propia)



Tabla 4. Registro fotográfico segmento vial CIV 8007134 (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	



Tabla 5. Registro fotográfico segmento vial CIV 80008465 (Fuente: Propia)



Tabla 6. Registro fotográfico segmento vial CIV 8008128 (Fuente: Propia)

3. TRÁNSITO DE DISEÑO

El tramo objeto de estudio presenta una clasificación funcional peatonal, lo cual implica prioridad absoluta para peatones, mobiliario urbano, accesibilidad universal y continuidad espacial del espacio público. No obstante, en el contexto urbano de Bogotá y, en particular, de la Localidad de Kennedy, las vías peatonales pueden estar expuestas a situaciones operativas que requieren ingreso excepcional de vehículos, tales como:

- Vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policía).
- Vehículos de mantenimiento y aseo.

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
<p>ALCALDÍA DE KENNEDY</p>	<p>Versión 001</p>	

- Vehículos livianos de apoyo institucional o equipos de operación de redes.
- Vehículos de servicios públicos en labores de contingencia.

Si bien estas situaciones no definen la vocación funcional de la vía, sí condicionan su diseño estructural, dado que una estructura exclusivamente peatonal puede fallar ante esfuerzos inesperados derivados de cargas vehiculares puntuales.

3.1. Tránsito esperado y cargas excepcionales

El análisis funcional del corredor permite identificar dos escenarios claramente diferenciados:

3.1.1. Tránsito peatonal permanente

Corresponde al escenario base bajo el cual se configura la Cartilla de Andenes. Incluye:

- Uso continuo por peatones.
- Cargas de impacto reducidas.

Distribución homogénea del tránsito.

Ausencia de solicitudes por cargas móviles pesadas.

3.1.2. Tránsito vehicular ocasional

El análisis histórico de operación urbana en Kennedy evidencia que incluso en zonas peatonales existen eventos en los que se presentan cargas puntuales generadas por:

- Ingresos de vehículos por emergencias.
- Maniobras operativas de entidades públicas.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

- Equipos de prestación de servicios o redes.

Estas cargas, aunque esporádicas, son altamente concentradas y pueden producir esfuerzos de flexión que exceden la capacidad típica de un pavimento peatonal convencional.

Con el fin de asegurar la estabilidad del tramo ante dichas solicitudes, se recomienda la utilización de un concreto con módulo de rotura de 41 kg/cm². Este valor proporciona una capacidad flexional superior a la requerida para tránsito estrictamente peatonal, mitigando el riesgo de fisuración, fracturas por carga concentrada y deterioro prematuro en losas sometidas a eventuales pasos vehiculares. El aumento moderado en la resistencia del concreto se traduce en un mejor comportamiento ante esfuerzos imprevistos, garantizando que la estructura mantenga su funcionalidad y durabilidad dentro del ciclo de vida esperado sin comprometer su naturaleza peatonal.

En consecuencia, la adopción del concreto con módulo de rotura 41 kg/cm² se justifica como una medida técnica preventiva, alineada con los lineamientos de la guía y con la variabilidad operacional real del espacio público, asegurando la integridad del pavimento ante posibles cargas vehiculares ocasionales.

4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El objetivo principal de la exploración del subsuelo es identificar la variación vertical de los diferentes tipos de suelos y/o unidades estratigráficas en la longitud del corredor vial en estudio, los espesores de las capas, el estado de las capas granulares que se identifican en profundidad y el tipo de subrasante que se tiene como en la parte inferior de la estructura de pavimento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Para conocer las propiedades físicas, intrínsecas y los parámetros geotécnicos de los materiales presentes en los tramos viales, se procedió a realizar la exploración directa mediante apiques, en ellos se tomaron muestras inalteradas para realizar los respectivos ensayos. Teniendo en cuenta la longitud de cada segmento vial, se tomaron apiques manuales ejecutados con profundidad de 1.50 metros, donde en concordancia con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Pavimentos del IDU, los ensayos que se realizaron sobre las exploraciones son los siguientes:

- Ensayo de contenido de humedad (INV E-123)
- Límites de Atterberg (INV E-125, INV E-126)
- Análisis granulométrico (INV E-122)
- Ensayo CBR (INV E-132 para laboratorio e INV E-133 para campo)

CIV	COORDENADA APIQUE
8006814	4°37'14"N 74°09'17"W
8007134	4°37'07"N 74°09'12"W
8008465	4°36'49"N 74°09'22"W
8008128	4°36'53"N 74°09'24"W

Tabla 7. Ubicación de los apiques en los segmentos viales (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

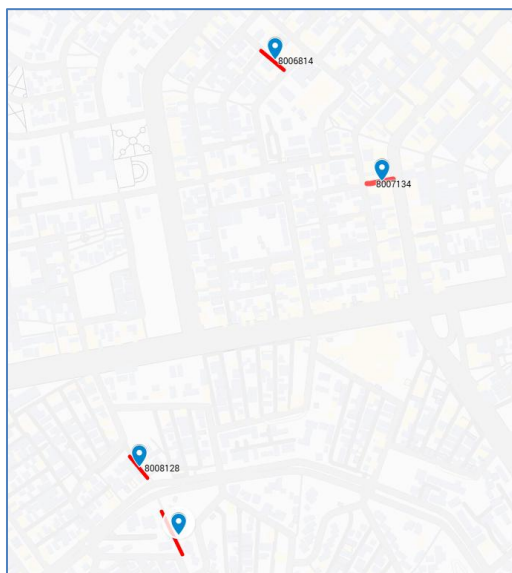


Ilustración 7. Ubicación de los apiques (Fuente: Propia- Google Earth)

La campaña de exploración realizada mediante los cuatro apiques ejecutados resulta técnicamente suficiente para la caracterización geotécnica de la zona de intervención y, en consecuencia, para el diseño de la estructura de pavimento. De acuerdo con los lineamientos del IDU consignados en la guía GU-IC-019 y en las especificaciones generales de exploración geotécnica, la densidad y distribución de apiques debe garantizar una cobertura adecuada de los tramos representativos de la vía, priorizando aquellos sectores con mayor influencia estructural y funcional. En este caso, la disposición espacial de los cuatro puntos asegura la representación de los diferentes segmentos de la malla vial proyectada, evitando concentraciones o vacíos que comprometan la confiabilidad del análisis.

Asimismo, la información obtenida evidencia condiciones de subrasante homogéneas en cuanto a composición y capacidad de soporte, lo cual reduce la variabilidad geotécnica y valida la decisión de no aumentar el número de exploraciones. La proximidad de los apiques al eje de calzada, según lo establecido en las recomendaciones técnicas del IDU, garantiza que los resultados reflejen de manera directa las solicitudes de tránsito esperadas para vías locales (clasificación T1-1), sin requerir un nivel de muestreo más intensivo.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Finalmente, el diseño de pavimentos considera factores de seguridad normativos y coeficientes de ajuste que permiten absorber variaciones menores en las propiedades de la subrasante. Bajo estas condiciones, se concluye que los cuatro apiques ejecutados constituyen una base técnica y normativa suficiente para la caracterización del terreno, cumpliendo con los criterios de representatividad, homogeneidad y confiabilidad establecidos por el IDU para estudios de este tipo.

A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos encontrados y los resultados de los ensayos de laboratorio.

5.1 Estratigrafía

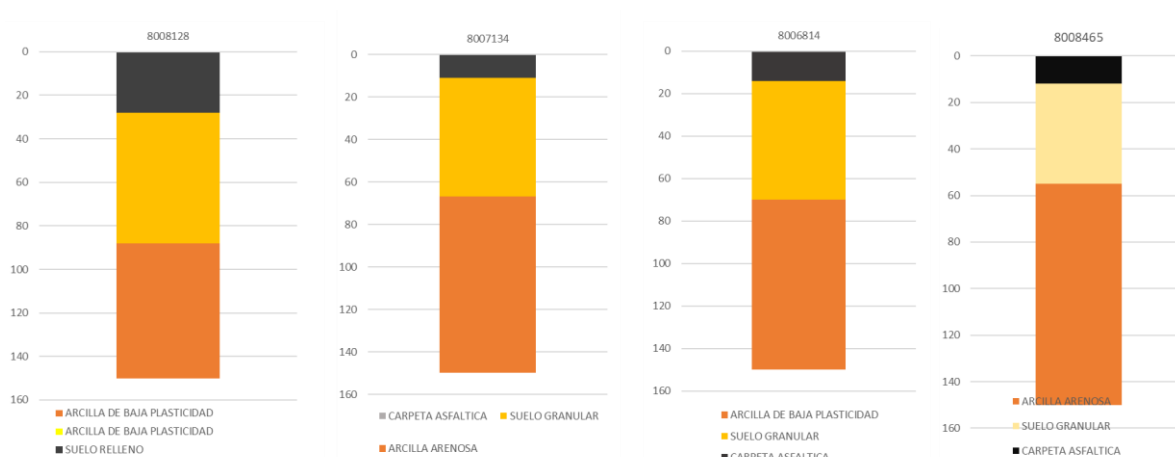


Ilustración 8. Perfiles Estratigráficos (Fuente: Propia)

- En el apique 8008128 se identificó un perfil estratigráfico conformado por una capa de suelo de relleno de 28 cm, seguida de dos capas consecutivas de arcilla de baja plasticidad de 60 cm y 62 cm, respectivamente.
- En el apique 8007134 se observó un perfil estratigráfico compuesto por una capa de carpeta asfáltica de 11 cm, una capa de suelo granular de 56 cm y una capa de arcilla arenosa de 83 cm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

- En el apique 8006814 se identificó un perfil estratigráfico constituido por una capa de carpeta asfáltica de 14 cm, una capa de suelo granular de 56 cm y una capa de arcilla de baja plasticidad de 80 cm.
- En el apique 8008465 se observó un perfil estratigráfico conformado por una capa de carpeta asfáltica de 12 cm, seguida de una capa de suelo granular de 43 cm y una capa de arcilla arenosa de 95 cm..

En el anexo 7 se encuentran los certificados de los laboratorios.

5.2 Nivel freático

Con respecto al nivel freático, en ninguno de los apiques se reporta una condición de nivel freático hasta la profundidad de exploración.

5.3 Ensayos de caracterización física

Para el desarrollo del presente documento se realizaron apiques en donde se tomaron muestras alteradas y se realizaron ensayos índices de clasificación (humedad natural, límites de consistencia y gradación), y sobre las muestras inalteradas recuperadas en la subrasante se realizaron ensayos de CBR en laboratorio. A continuación, se muestran los resultados de los apiques realizados:

Característica	8008128	8007134	8006814	8008465
Profundidad (m)	0,28 - 1,50	0,67 - 1,50	0,70 - 1,50	0,55 - 1,50
Clasificación U.S.C.S.	CL	CL	CL	CL
Límite líquido (%)	33	33	37	34
Límite plástico (%)	17	16	15	12
Índice de plasticidad	16	17	22	22
Humedad natural (%)	16,57	15,9	14,38	9,5
Gravas (%)	0	5	0,3	4,5
Arenas (%)	28,9	31,8	26,8	33,2
Finos (%)	71,1	63,2	72,9	62,3
Expansión CBR (%)	0,42	0,2	0,28	0,42
Límite de contracción	13	12	11	9

Tabla 8. Características físicas de la subrasante parte 1 (Fuente: Adaptado de ensayos de laboratorio)

*Nota: el límite de contracción fue calculado a partir del límite líquido y el índice de plasticidad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Como parámetro fundamental en el diagnóstico de la estructura de pavimento del tramo de estudio se hace necesaria la determinación de las características intrínsecas del subsuelo, en lo que respecta al perfil estratigráfico y el estado y condición de los mismos para ser aprovechados dentro de las intervenciones propuestas. A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo no cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior o inferior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior e inferior al valor máximo establecido.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

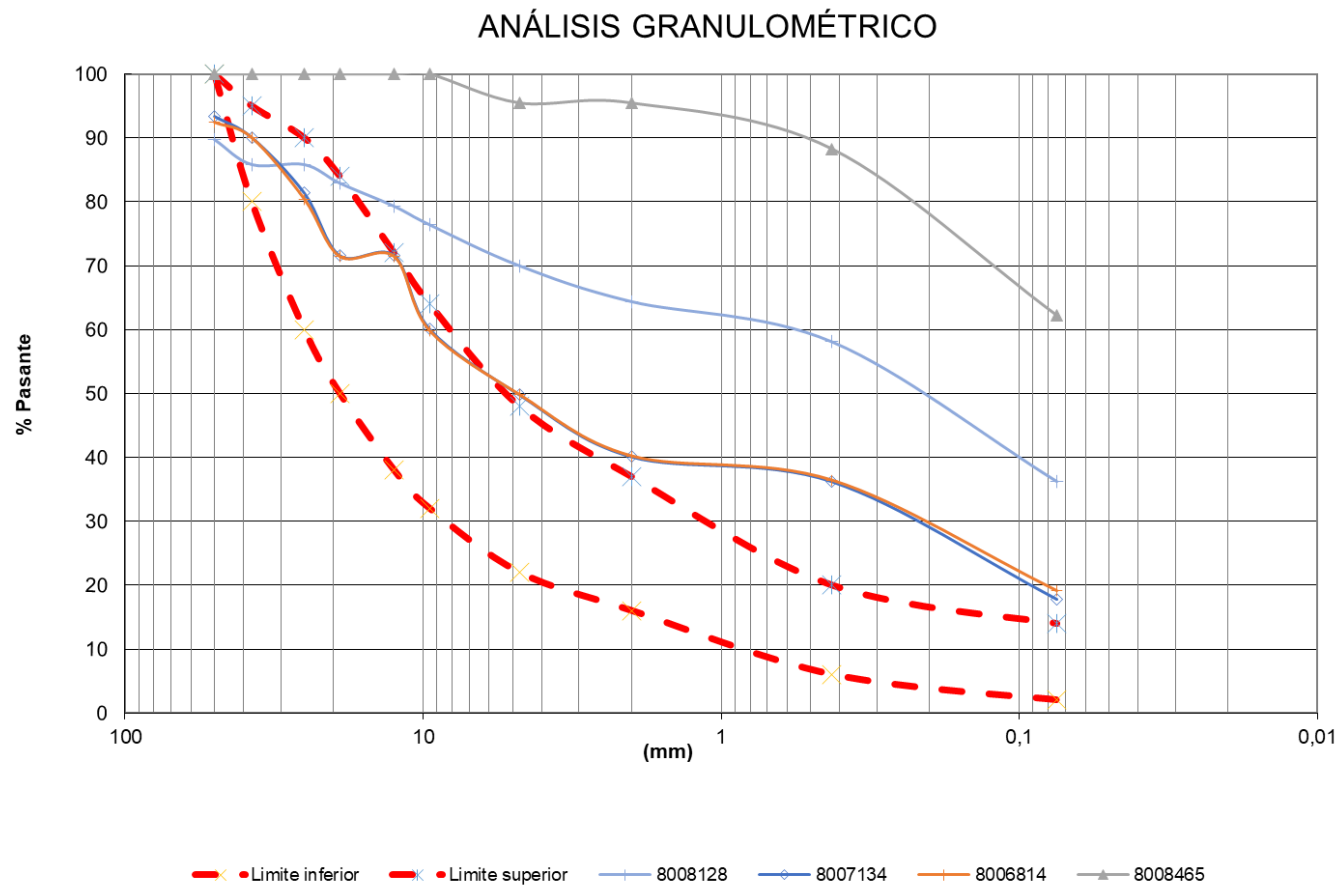


Ilustración 9. Análisis granulométrico materiales encontrados en los apiques en comparación a la especificación IDU para Subbase Granular (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

A partir de lo anterior, se presentan las curvas de gradación obtenidas en el laboratorio para los materiales granulares existentes en la estructura de la vía. Se superponen los límites establecidos por el IDU para una Subbase Granular (SBG) en líneas discontinuas color rojo, se observa que ninguno de los materiales encontrados en campo cumple con los criterios de gradación para una Subbase ya que sobrepasan el límite superior de la especificación indicando una presencia de finos muy superior al valor máximo establecido. Por lo que, se concluye lo siguiente:

CIV	EJE	DESDE	HASTA	DIAGNOSTICO INICIAL DE LA MALLA VIAL	CLASIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN
8006814	CL 40A S	KR 78H	KR 78I	REHABILITACION	RECONSTRUCCIÓN
8007134	TV 78A	CL 40 S	CL 40B S	REHABILITACION	RECONSTRUCCIÓN
8008465	CL 41B SUR	KR 75A BIS	TV 78	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN
8008128	CL 41B SUR	TV 78	KR 78B	RECONSTRUCCIÓN	RECONSTRUCCIÓN

Tabla 9. Tipos de intervención. (Fuente: Propia)

Lo anterior teniendo en cuenta que, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su glosario (página 82 -https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Glosario/GLOSARIO7NOV21.pdf) define la Reconstrucción como: retiro y reemplazo parcial o total de la estructura de un pavimento o de espacio público, para generar una nueva estructura. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes.

5.4 Análisis de potencial de expansión

El potencial de expansión se evalúa por varios criterios en función a los límites de consistencia, medición del esfuerzo de expansión, entre otros. El análisis cualitativo de expansión se realiza bajo los criterios establecidos en la NSR-10, de acuerdo con los límites de consistencia.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite Líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de Plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 - 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 10. Clasificación de suelos expansivos. (Fuente: Tabla H.9.1-1, NSR10)

En la siguiente tabla se presenta el análisis con base en el criterio anterior:

CIV	PROFUNDIDAD (m)	Expansión CBR (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LL (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LC (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	IP (%)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN	Porcentaje de partículas menores de una micra (m)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
8008128	0,28 - 1,50	0,42	Bajo	33	Bajo	13	Medio	16	Medio	71,1	Muy alto
8007134	0,67 - 1,50	0,2	Bajo	33	Bajo	12	Medio	17	Medio	63,2	Muy alto
8006814	0,70 - 1,50	0,28	Bajo	37	Bajo	11	Medio	22	Medio	72,9	Muy alto
8008465	0,55 - 1,50	0,42	Bajo	34	Bajo	9	Medio	22	Medio	62,3	Muy alto

Tabla 11. Potencial expansivo de la subrasante. (Fuente: Elaboración propia)

5.5 Ensayos de capacidad de soporte del suelo

En el caso de la capacidad de soporte de los segmentos viales mencionados anteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio de CBR inalterado, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Para los segmentos viales identificados con CIV'S 7004038, 7004042, 7004036

APIQUE	CBR NATURAL (%)	CBR SUMERG (%)
8008128	4,06	2,34
8007134	6,36	4,22
8006814	2,29	1,53
8008465	3,84	2,26
Promedio	4,14	2,59

Tabla 12. Resultados de ensayo CBR (Fuente: Propia)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

A partir del análisis de los CBR presentados el valor de CBR a utilizar es menor al 3%, se toman los siguientes datos para su análisis:

CBR SUMERGIDO (%)	Mr		
	MPa	kg/cm2	PSI
2,59	19,43	198,08	2817,36

Tabla 13. Cálculo CBR subrasante. (Fuente: Propia)

En el diseño de pavimentos para vías locales es fundamental utilizar un enfoque que permita obtener las condiciones geotécnicas más completas y representativas. Basado en la experiencia, se recomienda llevar a cabo múltiples ensayos de CBR aprovechando toda la información disponible, lo que permite estandarizar el diseño del pavimento en lugar de segmentarlo por tramos. El uso del percentil 75 como valor representativo permite: Controlar la dispersión y evitar valores atípicos bajos que podrían sobredimensionar la estructura, si se adopta el mínimo o el promedio, se corre el riesgo de proyectar secciones estructurales sobredimensionadas, incrementando costos innecesarios y tiempos de ejecución. Reflejar condiciones conservadoras pero realistas del terreno, el percentil 75 no desconoce los valores bajos, pero los filtra dentro de una base estadística robusta, considerando que en pavimentos urbanos la heterogeneidad es inherente al medio. Alinear el diseño a la práctica recomendada en conservación de vías locales, en este tipo de proyectos, no se busca diseñar para condiciones extremas aisladas, sino para un comportamiento representativo de la mayoría del tramo intervenido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario realizar una evaluación de las estructuras de pavimento teniendo en cuenta el valor de CBR real para los tramos a diseñar.

Para la evaluación del módulo de elasticidad de la subrasante se cuenta con la información de los CBR medidos en laboratorio. Para estimar los valores del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de CBR se usa la correlación publicada en la guía “DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C.” define las correlaciones entre el CBR y el módulo de elasticidad de la subrasante, a partir de las siguientes ecuaciones:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

	Valor de CBR	Módulo Resiliente (MPa)
1	$CBR \leq 4\%$	$7.5 * CBR$
2	$4\% < CBR \leq 9\%$	$10 * CBR$

Tabla 14. Correlaciones entre CBR y MR. (Fuente: Guía GU-IC-019,2013)

La Guía IDU GU-IC-019 establece que se debe realizar mejoramiento en el suelo de la subrasante si los valores de resistencia del suelo son inferiores a un equivalente en términos de CBR del 4 % o un valor de módulo resiliente $M_r = 40$ MPa o 5800 psi. Para este caso, en específico y al tratarse de una rehabilitación que se cimentará sobre los materiales inmediatamente inferiores a la primera capa de material granular, no se requerirá mejoramiento de la subrasante a menos que el durante el proceso constructivo se evidencie la necesidad de implementarlo.

5. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

El diseño de pavimento flexible busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presentan las alternativas a adoptar.

6.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Dadas las condiciones de sitio y teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales reciclados que se enmarcan dentro del cumplimiento del plan de gestión de RCD (aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición) y la resolución 1115 de 2012 donde se realiza el aprovechamiento de este tipo de material toda vez que deberán cumplir con las especificaciones técnicas relacionadas en el anexo técnico. Además, el uso de materiales granulares con residuos de demolición de construcción y demolición contribuye a disminuir el impacto ambiental generado por el desecho de neumáticos usados y por las actividades constructivas a lo largo de la ciudad.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

El anexo técnico del contrato de obra No. 1136 de 2024 establece que para el desarrollo de las intervenciones del proyecto se deberán cumplir con el documento ET-IC-01 - Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C.

De igual manera se resaltan Los valores típicos del módulo de elasticidad (E) y del módulo resiliente (Mr) para materiales granulares utilizados en bases y subbases de pavimentos en Colombia están especificados en los documentos técnicos del INVIAS, como el Manual de Diseño de Pavimentos para Baja, Media y Alta Transitabilidad, así como en pliegos de especificaciones generales.

A continuación, le presento los valores de referencia típicos según estos documentos:

Subbase granular (tipo INVIAS – SBG o equivalente):

Parámetro	Valor típico
Módulo de elasticidad (E)	80 – 200 MPa
Módulo resiliente (Mr)	80 – 250 MPa
CBR	≥ 30 % (mínimo)

Subbase estabilizada con emulsión asfáltica (BAE – Base Asfáltica Emulsionada)

Parámetro	Valor típico
Módulo resiliente (Mr)	300 – 800 MPa
Resistencia a tracción indirecta	150 – 400 kPa

A continuación, se presentarán los materiales de construcción típicos de la zona que serán utilizados en el presente documento y sus propiedades mecánicas:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

6.1.1. Subbase Granular Tipo A (SBG-A) convencional o reciclada

Las características mecánicas de las subbases granulares no tratadas en la metodología AASHTO-93 se determinan a través del coeficiente estructural a_3 , el cual depende del valor del módulo resiliente o elástico del material. A partir de lo anterior, el coeficiente a_3 se obtiene mediante la correlación establecida por AASHTO:

$$a_3 = 0.227 * \log(M_r SBG) - 0.839$$

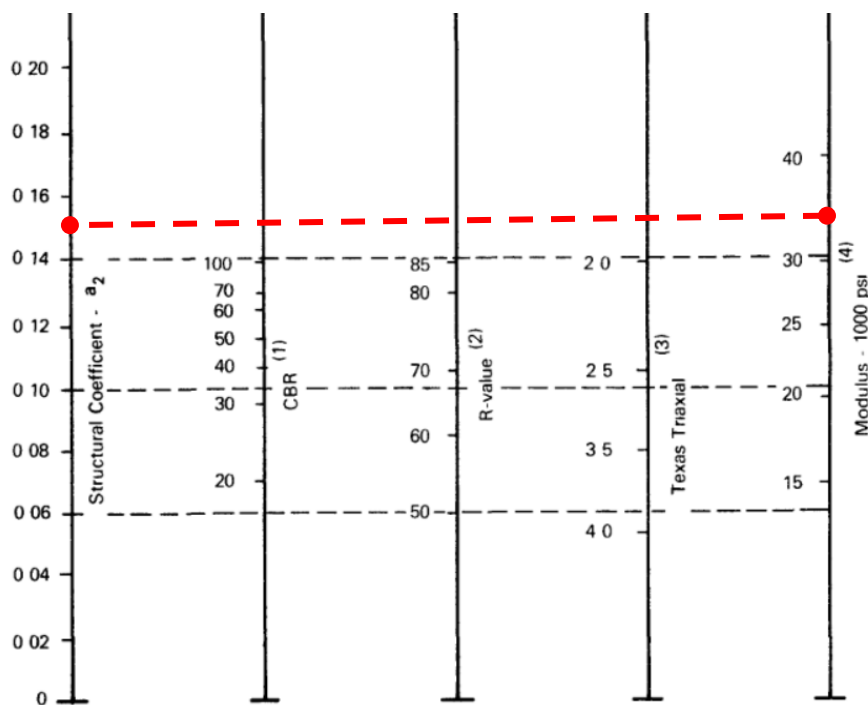


Ilustración 10. Grafica Coeficiente estructural para subbases granulares sin tratar
(Fuente: metodología AASHTO-93)

Teniendo en cuenta lo anterior, si el valor M_r convencional es 15.000 psi, se obtiene un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0.11$. Por otro lado, la capacidad de permeabilidad y drenaje de la capa subbase granular se encuentra definido mediante el coeficiente de drenaje m_3 . Teniendo en cuenta que la humedad relativa de la zona

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

es superior al 25%, los días de lluvia al año son cercanos al 25% y las condiciones de drenaje existentes a lo largo del tramo vial son buenas, pero pueden verse afectadas debido a la acumulación de basuras y daños en las obras de drenaje (sumideros) llevando su condición de drenaje regular, por lo cual se obtiene el valor de coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

6.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS

Las consideraciones contempladas para las estructuras típicas de los andenes a intervenir son las siguientes de acuerdo a la cartilla de andenes de la entidad Secretaria Distrital de Planeación:

- Tipo de subrasante: Para el espacio público el cual se desea intervenir se proponen los criterios de diseño, de acuerdo a la condición de que durante la ejecución de las obras se encuentre un suelo, medianamente competente con un CBR del 3%, clasificándose, así como una subrasante tipo S2, la cual puede estar compuesta por suelos finos (arcillas y limos de baja plasticidad), clasificándose bajo la clasificación AASHTO como suelos tipo A4 y A5, con una capacidad portante baja. Por lo que siempre se recomienda utilizar un lleno de material con un CBR de mínimo 10% de acuerdo a las ET-IDU-2018.
- Criterio de diseño: Para el espacio público peatonal (incluye plazoletas) a nivel de andén para rampas vehiculares, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de diseño:

Criterio de Diseño	Valor adoptado
Periodo de diseño	20 años
Carga Vehicular	
Tipo de camión	C2G
Eje	Simple de 8,2 toneladas
Factor daño (INVIAS)	3,44
Tránsito promedio diario TPD	2

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Numero de Ejes simples equivalentes - NESE	50000
CBR de subrasante	3%
Calidad de Subbase Granular	
Tipología IDU-ET-2018	SBG-A
CBR	30%
Modulo	1050 kg/cm2
Espesor	0,15
K Combinado	59 MPa/m
Calidad del concreto	
Módulo de rotura	40 kg/m2
Módulo de Elasticidad	316.300 kg/cm2
Coeficiente de drenaje	1.0
Parámetros AASHTO	
Confiabilidad	50%
Error estándar de predicción	0,345
Servicialidad inicial	4.6
Servicialidad final	1,5
Transferencia de carga	3.2

Tabla 15. Criterios de diseño

6.3. ESPESORES DE ESTRUCTURAS:

A continuación, se establecen las generalidades de las especificaciones y los espesores de las capas estructurales a conformar, de acuerdo a la clasificación de suelos de subrasante establecida y los criterios de diseño definidos.

6.3.1. Estructura para criterio de diseño para vía peatonal

La siguiente ilustración muestra la estructura para espacio público peatonal a nivel de andén para las condiciones de una subrasante tipo S2, sobre la cual se instalará un material de superficie concreto MR 41 con refuerzo malla electrosoldada 0.25x0.25m, d=6mm.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	15 Cm	Concreto MR 41 reforzado con malla electrosoldada #6
	35 Cm	Base Granular (BG-A) estabilizada con 5% de cemento y aditivo
	-	Geotextil t, resist. Última (tira ancha)=60 kN/m para separación subrasante/capas granulares (inc. Sumin. E instalación)

Tabla 16 Criterios de diseño 3

Con el fin de asegurar la estabilidad del tramo ante dichas solicitudes, se recomienda la utilización de un concreto con módulo de rotura de 41 kg/cm². Este valor proporciona una capacidad flexional superior a la requerida para tránsito estrictamente peatonal, mitigando el riesgo de fisuración, fracturas por carga concentrada y deterioro prematuro en losas sometidas a eventuales pasos vehiculares. El aumento moderado en la resistencia del concreto se traduce en un mejor comportamiento ante esfuerzos imprevistos, garantizando que la estructura mantenga su funcionalidad y durabilidad dentro del ciclo de vida esperado sin comprometer su naturaleza peatonal.

En consecuencia, la adopción del concreto con módulo de rotura 41 kg/cm² se justifica como una medida técnica preventiva, alineada con los lineamientos de la guía y con la variabilidad operacional real del espacio público, asegurando la integridad del pavimento ante posibles cargas vehiculares ocasionales.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

6.4. Especificaciones Técnicas De Materiales De Construcción.

- La capa de subbase granular deberá ser un tipo SBG, la cual deberá cumplir con todo lo señalado en la Sección 510-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

El geotextil debe ser un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster, que garantice un desempeño mecánico e hidráulico. Este geotextil deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

Tabla 411.1
Requerimientos de propiedades mínimas para geotextiles

Propiedad	Norma de Ensayo	Separación VMPR		Estabilización VMPR	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos	Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D 4632	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1100 N	700 N	1400 N	900 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	990 N	630 N	1200 N	810 N
Resistencia a la punción o penetración estática 50 mm.	ASTM D 6241	2200 N	1375 N	2750 N	1925 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	400 N	250 N	500 N	350 N
Permitividad	ASTM D 4491	0.02 s ⁻¹		0.05 s ⁻¹	
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	0.60 mm		0.43 mm	
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50% después de 500 h de exposición		50% después de 500 h de exposición	

Tabla 17. Propiedades mínimas del geotextil a utilizar. Fuente: IDE ET-2018

Propiedad	Norma de Ensayo	Valor mínimo requerido (Tejido)	Valor típico T2100
Elongación	ASTM D 4632	< 50 %	15 %
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D 4632	1,400 N	1140 N– 1600 N
Resistencia a la costura	ASTM D 4632	1,200 N	3400 N – 5000 N
Resistencia a la punción (50 mm)	ASTM D 6241	2,750 N	3200 N – 5,000 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	500 N	500 N – 1,200 N

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Permittividad	ASTM D 4491	0.05 s ⁻¹	0.02 – 0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	0.43 mm	0.30 – 0.60 mm
Estabilidad Ultravioleta (esfuerzo retenido)	ASTM D 4355	50 % después de 500 h	≥ 70 % después de 500 h

Tabla 18. Propiedades recomendadas del geotextil a utilizar. Fuente: Proveedores, 2025

7. RECOMENDACIONES DEL PAVIMENTO RIGIDO

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el período de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

7.1. Características Geométricas de la Losa

Respecto al espesor definido anteriormente, se define la longitud máxima de la losa y se recomienda que la relación largo/ancho de la losa sea máximo 1,2 veces. De acuerdo con la revisión del diseño geométrico propuesto, se define la geometría de la losa de acuerdo a los anchos promedio de los segmentos:

CIV	ANCHO DE LOSA (m)	LARGO MÁXIMO DE LOSA (m)
8006814	4.1	5.0
8008839	4.1	4.9
8008465	3.3	3.9
8008128	2.6	3.1

Tabla 19. Ancho de losa por CIV. Fuente: Elaboración propia.

Nota: el ancho de la losa deberá ser verificado en campo con las condiciones reales del tramo vial y su largo no deberá superar las dimensiones anteriormente establecidas, las modificaciones realizadas en cuanto a geometría deberán ser consultadas previamente con el especialista. Así mismo, previo a la instalación del concreto, se resalta que la modulación

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

con los detalles constructivos particulares, se entregaran durante la ejecución del segmento vial. Lo anterior previo a la instalación del concreto para validación y aprobación de la interventoría.

7.2. **Modulación ante la Presencia de Estructuras Hidráulicas**

Ante la presencia de estructuras hidráulicas se pueden presentar los siguientes casos:

- Si la junta de expansión no coincide con la junta longitudinal, se debe remodelar para que la junta transversal coincida con el eje del pozo.

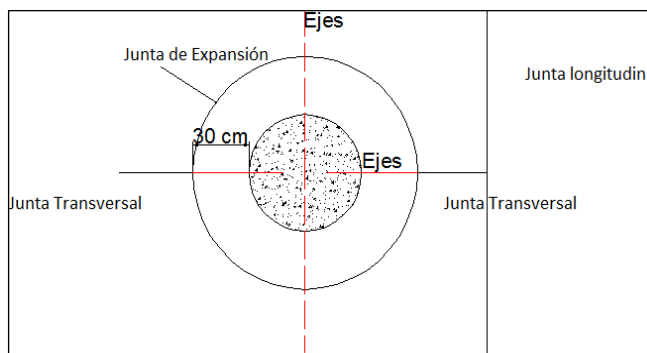


Ilustración 11. Junta en pozos

- Si la junta de expansión coincide con la junta longitudinal, se debe modular las losas para que la junta transversal coincida con el eje del pozo

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

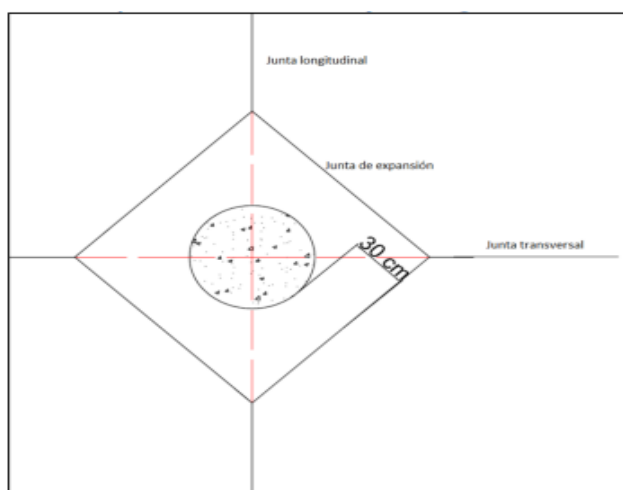


Ilustración 12. Junta en Pozos

- c) Si hay la presencia de sumideros se debe garantizar que la junta transversal coincida con el eje de este:

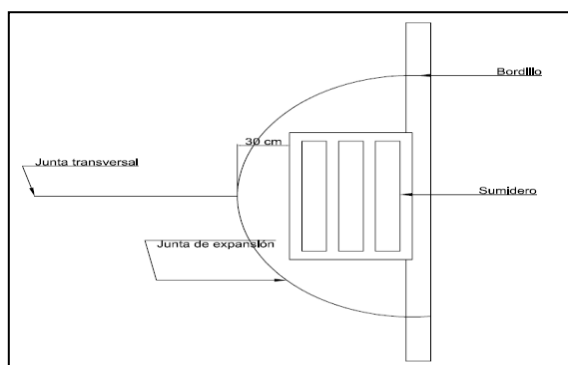


Ilustración 13. Junta en Sumideros

Las losas donde se presentan las estructuras hidráulicas deberán ser reforzadas. El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 60.000 psi. El diámetro de las barras debe ser de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 25 cm ubicada al tercio superior de la losa. Esta recomendación también aplica para las losas irregulares.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

7.3. Juntas de Transferencia

Las juntas deben tener las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	E= 0.15 m
Espaciamiento entre juntas (m)	Ver tabla 29 columnas de ancho normal y ancho máximo.
Profundidad de corte (cm)	5
Profundidad del material de sellado (cm)	1,33
Ancho de corte para la junta (cm)	0,67

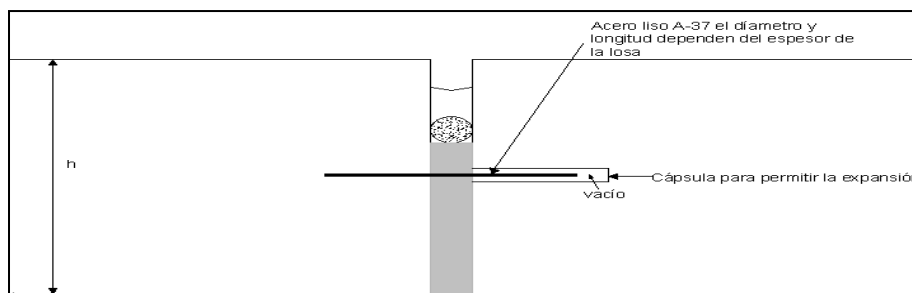
Tabla 20. Características de las juntas. Fuente: Adaptado de Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

El sello de juntas deberá cumplir con lo consignado en la especificación técnica 800-18 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2018).

7.4. Juntas de Expansión

Estas juntas se construyen para aislar estructuras fijas como pozos y sumideros. También deben utilizarse cuando se presenten cambios en la dirección del pavimento y en rampas. En todos los cárcamos y sumideros debe construirse un bordillo.

Cuando se construyen en rampas se omiten los pasadores y se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde no transferidos, a continuación, se presentan esquemas de estas juntas:



	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

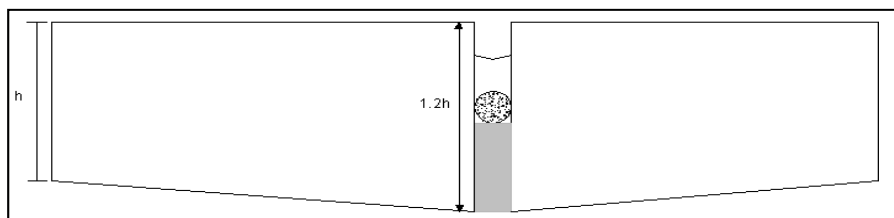


Ilustración 14. Detalle Junta de expansión

7.5. Sellado de Juntas y ventana de corte

En el diseño y construcción de pavimentos rígidos, la correcta ejecución de las juntas de contracción es fundamental para controlar las fisuras no deseadas producto de los esfuerzos térmicos y de retracción del concreto. Uno de los aspectos más críticos en este proceso es la determinación adecuada de la ventana de corte, entendida como el intervalo de tiempo óptimo posterior al vaciado del concreto en el cual deben realizarse los cortes para formar las juntas.

Esta ventana de corte se sitúa en un punto de equilibrio entre dos riesgos principales: si los cortes se realizan de forma prematura, existe el peligro de que el concreto aún no haya alcanzado la resistencia necesaria para evitar el desportillamiento o el arrastre del material durante el corte; por otro lado, si se realizan de manera tardía, se incrementa significativamente la probabilidad de que el concreto fisure de forma aleatoria antes de que la junta pueda inducir la grieta controlada.

Generalmente, la ventana de corte comienza cuando el concreto ha alcanzado una resistencia mínima a la tracción indirecta, lo cual ocurre entre 4 y 12 horas después del vaciado, dependiendo de factores como el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el contenido de humedad, el uso de aditivos y las características del equipo de corte. Es recomendable realizar una verificación in situ mediante ensayos no destructivos o pruebas de dureza superficial, además de la observación directa del comportamiento del concreto durante las primeras horas de fraguado.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Existen dos tipos principales de corte: el corte temprano (early-entry), realizado con equipos especiales que permiten cortar incluso antes de las 4 horas; y el corte convencional, que se efectúa cuando el concreto ha adquirido mayor resistencia. En ambos casos, es imprescindible respetar la profundidad mínima de corte, que debe ser de al menos un cuarto del espesor total de la losa, y mantener una alineación precisa conforme a la geometría del diseño estructural del pavimento.

Para el sellado de juntas debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm - 1,5 mm.
- La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser cortada en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el desportillamiento. El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar los desmoronamientos en los bordes de la junta, generalmente esto sucede de 6 a 8 horas después de colocado el concreto. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después de la construcción.
- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa para evitar el desprendimiento del material de sello.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

En Colombia, el material para el sello de juntas en pavimentos rígidos debe cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o el IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), dependiendo del tipo de proyecto (nacional o urbano). Los sellos de juntas se utilizan para evitar la infiltración de agua, ingreso de materiales incomprensibles y proteger la integridad de la losa de concreto. Se recomienda el uso de sellos de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

poliuretano bicomponente o silicona de bajo módulo, ya que ofrecen mejor desempeño a largo plazo, especialmente en condiciones climáticas variables y con tránsito pesado. Aunque su costo inicial es mayor, compensan con menor mantenimiento y mayor durabilidad

7.6. **Equipos para los materiales granulares**

Para la instalación de materiales granulares, ya sean no tratadas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte de los materiales: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Extensión y conformación: el equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados debe estar conformado por motoniveladoras, terminadoras, u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se pueden utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Contratista de Obra debe poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras. Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor.

- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

Para la instalación de materiales granulares mejorados con cemento hidráulico y aditivo químico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: los agregados pétreos se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deben estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.
- Producción en sitio: se permite la utilización de motoniveladoras o cualquier otro equipo que permita elaborar la mezcla en sitio, la mezcla debe ser homogénea en características.
- Extensión y conformación: se debe permitir el uso de motoniveladoras para extensión y conformación de la mezcla, garantizando que no se produzca segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.
- Compactación: se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño

	<p>CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE</p>	<p>CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025</p>
<p>ALCALDÍA DE KENNEDY</p>	<p>Versión 001</p>	

y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.

- Actividades accesorias: el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carro tanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

Para la instalación de materiales granulares mejoradas con cementos asfálticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Transporte: la mezcla de granular mejorado con cemento asfáltico elaborada en planta se debe transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Sobre la superficie interna del platón se debe aplicar un producto antiadherente, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla asfáltica a éste, estar libre de fosfatos, de pH neutro, no tóxico, no inflamable, y preferiblemente biodegradable, cuya composición y cantidad debe ser aprobadas por el Interventor. Para los casos en los que no se emplee un equipo para la transferencia de la mezcla conforme a lo definido en el numeral 500.4.6.2, la forma y altura del platón deben ser tales que, durante el vertido de la mezcla a la tolva de la pavimentadora, el platón sólo, la toque a través de los rodillos previstos para ello. Las volquetas deben estar siempre provistas de un cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames.
- Extensión y conformación: la extensión de la mezcla de granulas mejorado con cemento asfáltico se debe hacer con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación, de acuerdo con los anchos y espesores

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo a desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores; debe tener un equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. El equipo debe tener dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Debe ser ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor.

- **Compactación:** se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios, dotados de inversores de marcha suaves. Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.
- **Actividades accesorias:** el equipo accesorio debe estar constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión del material granular.

7.7. Proceso constructivo general para materiales granulares

- **Preparación de la superficie para el uso de material granular:** la colocación de una capa de material granular sólo debe ser autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto o definidas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

por el Interventor, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje y subdrenaje de la calzada, que requieran ser construidos previamente a la construcción de las capas granulares. No se debe extender ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.

- Colocación y extensión para materiales granulares: la colocación y extensión de la mezcla se debe realizar tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar debe ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la especificación ET-500-18, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permite que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación. La humedad del material, durante el proceso de extensión, debe ser acorde a lo establecido en el diseño de la mezcla o la fórmula de trabajo. La cantidad de material extendido debe ser tal que, el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm), ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual, y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).
- Compactación para materiales granulares: una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se debe conformar ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad exigida. Si se considera necesario, se deben aplicar riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa. La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro,

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer desde el borde inferior al superior. Los cambios de dirección de los equipos de compactación se deben realizar sobre el material ya compactado, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente, o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo de los equipos de compactación aprobados, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida. La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se debe verificar, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

8. CONCLUSIONES

Los materiales por utilizar para el desarrollo de los trabajos de obra deberán cumplir con los requerimientos de especificación enmarcados bajo la normativa técnica del contrato y vigente para el desarrollo del mismo.

En el momento de llevar a cabo la implementación del sistema de pavimento para los andenes es necesario llevar a cabo la remoción y excavación del material la cual consiste en la disgregación de la superficie del terreno y su posterior compactación a efectos de homogenizar la superficie de apoyo, para garantizar las características necesarias para su adecuado funcionamiento.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Para la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema.

9. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- Para el refuerzo de la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema. Este geotextil deberá ser instalado entre la capa de mejoramiento y las capas granulares superiores.
- En caso de presentarse fallos puntuales en la subrasante que afecten un máximo del 30% del área total de un segmento vial, será necesario reemplazar el material afectado por un espesor mínimo de 30 cm de rajón. Este material ha sido recomendado debido a su capacidad para mejorar la estabilidad de la subrasante, como se explicó en el presente documento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de esta medida puede presentar ciertas dificultades técnicas, como la disponibilidad de material adecuado, la logística para su colocación, o los costos asociados al proceso de reemplazo.
- En casos donde se encuentren fallos y se necesite realizar el reemplazo con material de rajón se podrá utilizar del producto de reciclaje de la demolición, relleno granular y las placas de concreto existente; siempre y cuando estos materiales a instalar, cumplan con las especificaciones de las sección 413-18, lo anterior con el fin de dar cumplimiento a la Resolución 1115 de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico – ambientales, para las actividades de aprovechamiento, y tratamiento de los residuos de construcción, y demolición en el distrito capital.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

ANEXOS VER MEDIANTE EL LINK:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ukWH6sMeJdk2nk5bjlFdT7rdUeAnFITE?usp=sharing>

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0007-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8006814, 8008128, 8008465 Y 8007134.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES (vías peatonales)– CIV’S 8006814, 8008128, 8008465 Y 8007134, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, para cuatro (4) segmentos viales (CIV), así:

CONCEPTO	CIV	Eje Vial	Desde	Hasta
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8006814	CL 40A S	KR 78H	KR 78I
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8007134	TV 78A	CL 40 S	CL 40B S
DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008465	CL 41B SUR	KR 75A BIS	TV 78

DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES	8008128	CL 41B SUR	TV 78	KR 78B
---	---------	------------	-------	--------

Lo anterior, dado que cumplen técnicamente, acordes con la información preliminar, estructura de vía, e información preliminar (CBR y TPD) del tramo de vía objeto de estudio.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **diseño de pavimento para vías peatonales**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de **vía peatonal**, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGMENTOS VIALES – CIV’S 8006814, 8008128, 8008465 Y 8007134”**, y que se presenta a continuación:

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	15 Cm	Concreto MR 41 reforzado con malla electrosoldada #6
	35 Cm	Base Granular (BG-A) estabilizada con 5% de cemento y aditivo
	-	Geotextil t, resist. Ultima (tira ancha)=60 kN/m para separación subrasante/capas granulares (inc. Sumin. E instalación)

Cumple con la estabilidad del tramo, el tipo de concreto recomendado (MR-41), proporcionando una capacidad flexional superior a la requerida para tránsito estrictamente peatonal, mitigando el riesgo de figuración, fracturas por carga concentrada y deterioro prematuro en losas sometidas a eventuales pasos vehiculares, el aumento moderado en la resistencia del concreto se traduce en un mejor comportamiento ante esfuerzos imprevistos, garantizando que la estructura mantenga su funcionalidad y durabilidad dentro del ciclo de vida esperado sin comprometer su naturaleza peatonal, así mismo asegurando la integridad del pavimento ante posibles cargas vehiculares ocasionales..

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos

M.P. 25202-139172 CND

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

INTERVENCIÓN EN ANDENES

CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.



ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY

CONTRATO COP-938-2025

CONTRATISTA

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

DOCUMENTO TÉCNICO:

INTERVENCIÓN EN ANDENES

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE 2025

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

TABLA DE CONTENIDO

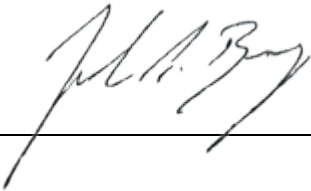
INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVOS Y ALCANCE	5
1.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 ALCANCE	5
2. GENERALIDADES.....	6
2.1 Localización y descripción del Proyecto	6
2.2 Condiciones climáticas	7
3. CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS	9
4. ESPESORES DE ESTRUCTURAS:.....	12
4.1 Estructura para criterios de diseño N° 1 y N° 2 - andenes.....	12
4.2 Estructura para criterio de diseño N° 2 - Rampas	13
5. CONCLUSIONES.....	14
6. LIMITACIONES.....	18

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

ÍNDICE DE REVISIÓN	DE	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

REVISIÓN Y APROBACIÓN

		TÍTULO DEL DOCUMENTO:	DISEÑO GENERAL DE ANDENES		
		DOCUMENTO No.	CTO-938-DIS-01		
CONTRATISTA		NÚMERO DE REVISIÓN	1	fecha	26/12/2025
		RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025		
	ELABORACIÓN	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
		Diego Caballero Rojas	Especialista en Pavimentos		
	APROBACIÓN	PROFESIONAL	CARGO	Firma	
		Julian Barriga	Especialista en Pavimentos		

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

INTRODUCCIÓN

En desarrollo del contrato de Obra No. 938-2025, suscrito entre la Alcaldía Local de KENNEDY y la CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025, se hace necesario realizar los diseños y recomendaciones de intervención para la infraestructura del espacio público de la malla vial local, con el fin de ejecutar las obras necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales, el comportamiento del suelo, así como las especificaciones técnicas de los materiales y procesos de construcción vigentes de acuerdo con las normas para la ciudad de Bogotá D.C.

Este informe Contiene el diseño para los andenes que se deben ejecutar en el contrato No. 938-2025 en la malla vial de la localidad de KENNEDY.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

1. **OBJETIVOS Y ALCANCE**

En este capítulo se definen los objetivos de las intervenciones a nivel y andenes y alcance específico de los segmentos viales a evaluar.

1.1 **OBJETIVO GENERAL**

Realizar con base en la metodología descrita en el documento CARTILLA DE ANDENES BOGOTÁ D.C. de la entidad Secretaria Distrital de Planeación, se establecen los criterios de diseño de andenes de los segmentos viales definidos en el alcance del contrato, dando cumplimiento a las exigencias del ANEXO TÉCNICO del contrato de obra 938-2025.

1.2 **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer los criterios de diseño de estructuras para los andenes.
- Determinar el número de ejes equivalentes para el diseño de los andenes.
- Determinar las estructuras a utilizar de acuerdo a los planos tipo urbanísticos suministrados por parte del FDLK.

1.3 **ALCANCE**

El alcance del presente documento para las alternativas de intervención para los andenes de los segmentos viales priorizados por el FDLK.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

2. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la ubicación general de la zona a evaluar, así como las condiciones climáticas, que incluyen en la hipótesis del diseño de estructuras de andenes y para la futura programación de las obras.

2.1 Localización y descripción del Proyecto

La localización general del área de estudio se ubica en la localidad de KENNEDY de la ciudad de Bogotá D.C., al norte con la localidad de Fontibón, al sur con Tunjuelito y Bosa, al oriente con Puente Aranda y al occidente con el municipio de Mosquera.

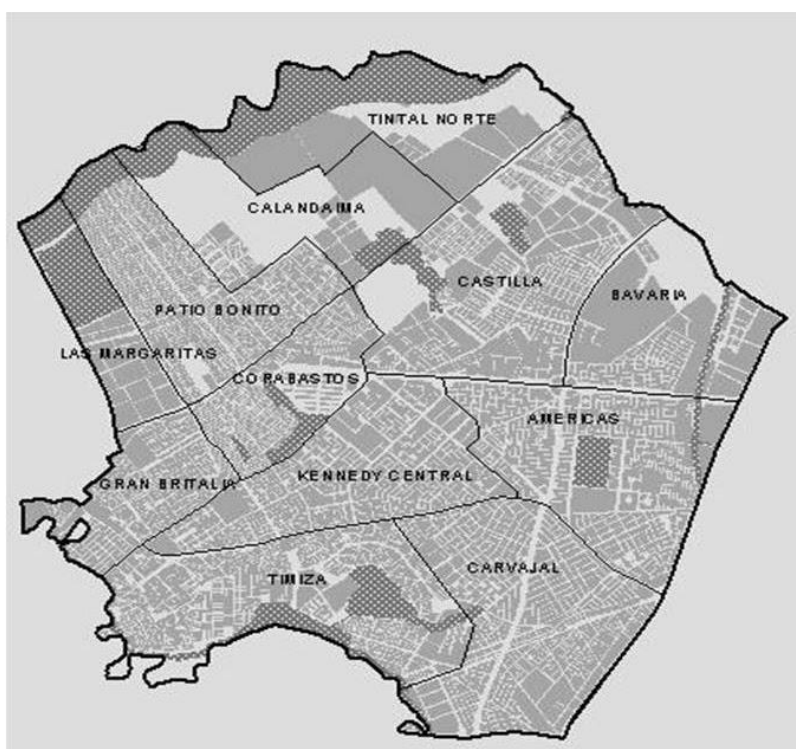
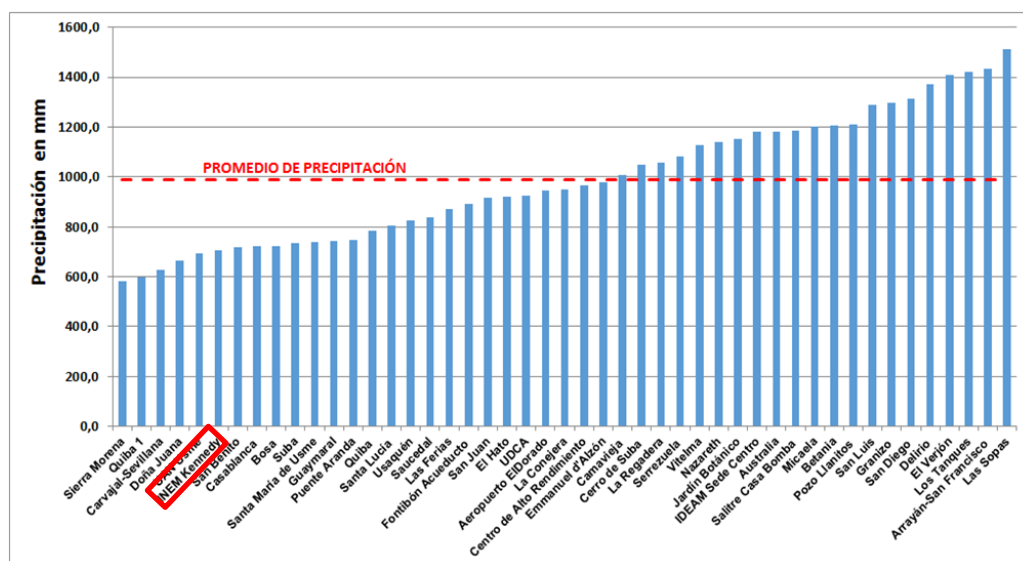


Ilustración 1. Localización general del área de estudio – Fuente- Google images.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

2.2 Condiciones climáticas

Para la evaluación de las condiciones climatológicas del proyecto, se tiene en cuenta los datos reportados por la estación climatológica principal (CP) KENNEDY (CASA BLANCA) ubicada en las coordenadas 4°34'00"N y 74°10'00"W a una altura de 2640 metros sobre el nivel medio del mar, y que registra una Precipitación anual de 700 mm, Número de días con lluvia de 188 días y una Humedad relativa anual: 80% (IDIGER; 2023):



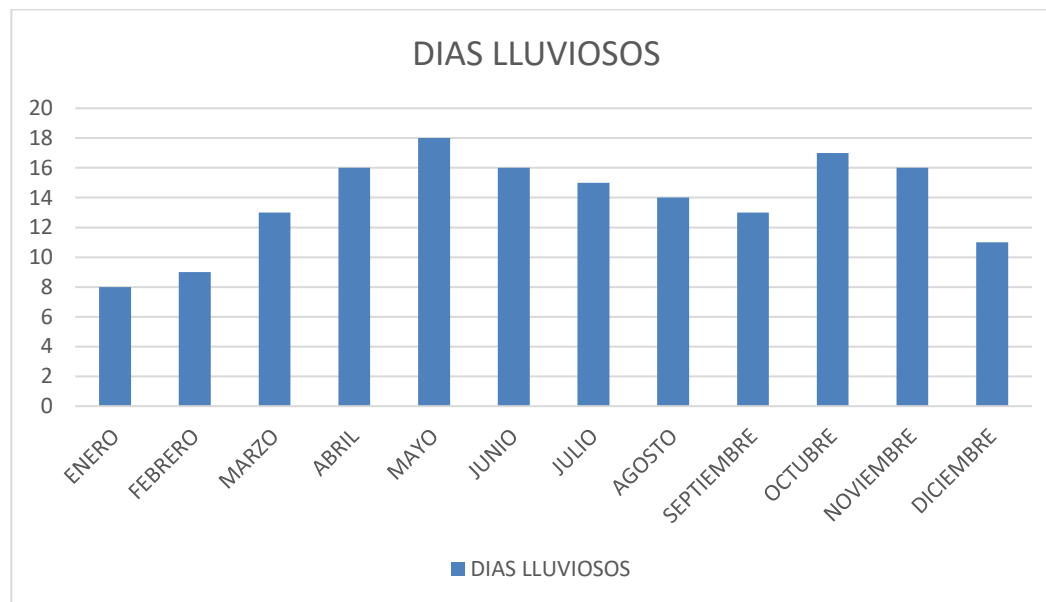
Gráfica 1. Promedios mensuales de precipitación (mm) del año 2023 (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

ELEV	LONGITUD	LATITUD	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N	Enmanuel D Alzon	7	8	11	12	13	10	8	8	9	14	13	9	121
2543	74°9'5.11"W	4°39'42.0"N	Vegas Las Hda	6	7	11	13	16	12	10	10	9	13	13	9	128
2579	74°2'0.0"W	4°47'0.0"N	Torca	7	8	10	13	14	13	13	11	10	12	11	8	130
2580	74°8'0.0"W	4°34'0.0"N	Picota La	7	9	12	15	17	18	17	16	12	14	14	9	160
2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N	C.Univ.Agrop-Udca	7	9	13	15	18	16	16	15	12	14	15	10	160
2700	74°10'0.0"W	4°30'0.0"N	Dona Juana	7	8	12	15	18	18	18	17	13	14	14	9	164
2640	74°12'0.0"W	4°36'0.0"N	Bosa	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	166
2880	74°5'0.0"W	4°29'0.0"N	Cisaca	7	10	12	16	18	18	20	20	14	15	14	10	173
2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N	Conejera La	10	11	16	17	19	16	14	14	14	16	17	12	177
3000	74°9'17.4"W	4°26'47.4"N	Pasquilla	6	8	10	17	20	21	23	20	15	15	14	8	178
3320	74°11'2.0"W	4°20'34.6"N	Esc La Union	6	9	12	17	20	21	22	20	14	16	15	8	181
2556	74°5'20.7"W	4°38'17.1"N	Univ Nacional	8	11	16	16	19	16	16	15	16	18	17	12	181
2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N	Jardin Botanico	11	11	15	18	20	16	16	15	15	18	17	13	185
2665	74°10'0.0"W	4°34'0.0"N	Casablanca	9	10	15	19	20	18	19	17	15	18	17	12	188
2546	74°9'0.0"W	4°42'0.0"N	Eldorado Didactica	8	11	14	19	21	17	18	16	16	19	18	12	188
2547	74°9'2.4"W	4°42'20.1"N	Apto El Dorado	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189
2800	74°7'34.6"W	4°28'52.7"N	Sta Maria de Usme	7	9	13	17	20	21	23	21	15	17	17	10	190
2630	74°7'0.0"W	4°34'0.0"N	Sta Lucia	11	12	14	19	19	18	18	17	15	18	17	13	190
2680	74°6'0.0"W	4°37'0.0"N	Camavieja	9	11	15	18	20	18	18	17	15	19	18	13	191
2800	74°8'45.6"W	4°10'20.1"N	Nazareth	6	9	13	18	22	23	24	23	17	17	14	8	193
2900	74°9'0.0"W	4°39'0.0"N	Saucedal 2	10	11	16	19	21	18	18	17	15	18	18	13	194
2725	74°3'41.6"W	4°35'54.1"N	Venado Oro Viviero	8	11	14	17	20	21	21	20	15	17	17	13	194
2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N	Sede Ideam Kra 10	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	17	12	195
2691	74°4'0.0"W	4°45'0.0"N	Cerro de Suba	11	14	17	17	19	17	17	16	19	19	19	13	196
3000	74°10'0.0"W	4°32'0.0"N	Quiba	9	10	15	19	20	21	20	20	16	19	17	12	197
2580	74°4'0.0"W	4°40'0.0"N	Salitre Casa Bomba	10	14	18	19	20	19	17	16	16	19	18	15	200
2900	74°18'40.2"W	4°1'51.7"N	San Juan	11	12	16	22	22	19	20	18	15	22	20	15	214
2545	74°9'0.0"W	4°40'0.0"N	Fontibon Acueducto	12	13	17	20	21	20	20	19	18	20	20	16	217
2700	74°4'0.0"W	4°37'0.0"N	San Diego	11	12	18	20	21	22	22	21	18	22	20	17	223
3050	74°7'55.2"W	4°23'39.3"N	Australia	7	10	14	20	26	26	28	25	20	21	18	11	226
2650	74°2'44.0"W	4°47'18.0"N	Esc Col Ingenieria	14	14	17	20	24	22	23	21	18	20	19	16	227
3316	74°3'0.0"W	4°34'0.0"N	Guadalupe	11	12	17	21	23	23	25	23	18	19	21	15	228
2985	74°5'0.0"W	4°31'0.0"N	Juan Rey	10	11	16	21	24	25	27	24	18	19	19	13	228
3000	74°2'0.0"W	4°38'0.0"N	San Luis 1 Y 2	13	13	18	21	24	24	24	22	19	21	20	16	235
3150	74°11'27.4"W	4°11'48.0"N	Taques Los	11	11	17	21	25	25	24	25	22	20	19	14	236
2800	74°1'0.0"W	4°46'0.0"N	Serrezuela	14	14	17	20	25	23	22	23	20	22	21	17	238
2800	74°4'0.0"W	4°34'0.0"N	Vitelma	13	14	18	21	23	23	24	24	18	21	21	17	239
2850	74°8'0.0"W	4°1'0.0"N	Pozo Llanitos	11	13	18	22	25	25	26	25	22	22	19	15	243
3150	74°11'0.0"W	4°23'0.0"N	Hato El	10	12	17	23	26	25	26	25	22	23	20	15	244
3460	74°8'0.0"W	4°20'0.0"N	Boca Grande	11	13	17	22	26	26	27	26	24	22	20	15	248
3047	74°2'0.0"W	4°35'0.0"N	Arrayan-San Fco	13	14	19	23	26	25	28	26	21	22	20	15	253
3125	74°3'0.0"W	4°37'0.0"N	Granizo	15	15	19	22	26	25	26	25	21	22	21	17	253
3056	74°9'0.0"W	4°24'0.0"N	Regadera 2 La	10	13	17	22	27	27	28	26	24	21	21	15	255
3000	74°3'0.0"W	4°33'0.0"N	Delirio	14	15	19	22	26	26	28	26	20	21	21	18	256
3250	74°1'0.0"W	4°35'0.0"N	Verjon El	14	15	19	23	27	27	29	28	23	25	23	17	269
3200	74°12'0.0"W	4°9'0.0"N	Sopas Las	13	14	21	26	29	28	29	29	25	26	23	16	279

Ilustración 2. Registro mensual y anual de días con lluvia (Fuente: IDIGER)

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	



Gráfica 2. Días de lluvia en el año Estación LOS KENNEDY (Fuente: Propia con datos IDIGER)

Se determina el porcentaje de tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación en los meses de mayor precipitación, traducidos en los días de lluvias totales, considerando los que presentan valores por encima del promedio. Bajo estas condiciones el coeficiente de drenaje de los materiales granulares no tratados se define en $m_{SBG-BG} = 1.00$.

$$\%tiempo = \frac{\text{días con precipitación}}{365}$$

$$\%tiempo = \frac{188}{365} = 51\%$$

3. CRITERIOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS

Las consideraciones contempladas para las estructuras típicas de los andenes a intervenir son las siguientes de acuerdo a la cartilla de andenes de la entidad Secretaria Distrital de Planeación:

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

- Tipo de subrasante: Para el espacio público el cual se desea intervenir se proponen los criterios de diseño, de acuerdo a la condición de que durante la ejecución de las obras se encuentre un suelo, con un CBR menor al 3%, clasificándose, así como una subrasante tipo S2, la cual puede estar compuesta por suelos finos (arcillas y limos de baja plasticidad), clasificándose bajo la clasificación AASHTO como suelos tipo A4 y A5, con una capacidad portante baja. Por lo que siempre se recomienda utilizar un lleno de material con un CBR de mínimo 10% de acuerdo a las ET-IDU-2018.
- Criterio de diseño 1: Para el espacio público peatonal y la red de ciclorruta a nivel de andén, por donde no circula ningún tipo de vehículo pesado, se propusieron espesores mínimos de construcción, con subbase granular tipo PEA estabilizada con cemento al 5% con aditivo ionico, según Especificación IDU-ET-2018 o vigente. Aplica para estructuras articuladas y flexibles, y acceso vehicular de vivienda (máximo 2 vehículos livianos).
- Criterio de diseño 2: Para el espacio público peatonal (incluye plazoletas) a nivel de andén, que en ocasiones soporta carga vehicular en pesada, se tuvieron cuenta los siguientes criterios de diseño. Aplica para estructuras la estructura articulada propuesta por parte del FDLK en la cual el material de superficie está compuesto por loseta:

Criterio de Diseño	Valor adoptado
Periodo de diseño	10 años
Carga Vehicular	
Tipo de camión	C2G
Eje	Simple de 8,2 toneladas
Factor daño (INVIAS)	3,44
Tránsito promedio diario TPD	2

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

Numero de Ejes simples equivalentes - NESE	25000
Calidad de Subbase Granular	
Tipología IDU-ET-2018	Subbase Granular tipo PEA_estabilizada con cemento 5% y aditivo iónico
CBR	80%
Modulo	37000 PSI
Coeficiente Estructural	0,2
Coeficiente de Drenaje	1
CBR de subrasante	Menor a 3%
Parámetros AASHTO	
Confiabilidad	50%
Error estándar de predicción	0,45
Servicialidad inicial	4
Servicialidad final	1,5

Tabla 1 Criterios de diseño 2

- Criterio de diseño 3: Para el espacio público peatonal (incluye plazoletas) a nivel de andén para rampas vehiculares, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de diseño:

Criterio de Diseño	Valor adoptado
Periodo de diseño	20 años
Carga Vehicular	
Tipo de camión	C2G
Eje	Simple de 8,2 toneladas
Factor daño (INVIAS)	3,44
Tránsito promedio diario TPD	2
Numero de Ejes simples equivalentes - NESE	50000
CBR de subrasante	Menor a 3%
Calidad de Subbase Granular	
Tipología IDU-ET-2018	Subbase Granular tipo PEA_estabilizada con

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

	cemento 5% y aditivo iónico
CBR	80%
Modulo	37000 PSI
Espesor	0,18
K Combinado	59 MPa/m
Calidad del concreto	
Módulo de rotura	40 kg/m2
Módulo de Elasticidad	316.300 kg/cm2
Coefficiente de drenaje	1.0
Parámetros AASHTO	
Confiabilidad	50%
Error estándar de predicción	0,345
Servicialidad inicial	4.6
Servicialidad final	1,5
Transferencia de carga	3.2

Tabla 2 Criterios de diseño 3

4. ESPESORES DE ESTRUCTURAS:

A continuación, se establecen las generalidades de las especificaciones y los espesores de las capas estructurales a conformar, de acuerdo a la clasificación de suelos de subrasante establecida y los criterios de diseño definidos.

4.1 Estructura para criterios de diseño N° 1 y N° 2 - andenes

La siguiente ilustración muestra la estructura para espacio público peatonal a nivel de andén para las condiciones de una subrasante tipo S2 y criterio de diseño N° 1, donde se contempla solo carga peatonal, sobre la cual se instalará un material de superficie concreto simple estampado con resistencia de 3000 PSI:

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	10 CM	Concreto 3000 PSI estampado

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	18 CM	Subbase Granular Clase, SBG_PEA mejorada con cemento portland (5%) y aditivo ionico (1,0 l/m3)
	-	Geotextil t, resist. Ultima (tira ancha)=60 kn/m para separación subrasante/capas granulares

Tabla 3 Estructura de andenes peatonales

4.2 Estructura para criterio de diseño N° 2 - Rampas

La siguiente ilustración muestra la estructura para espacio público peatonal a nivel de andén para las condiciones de una subrasante tipo S2, sobre la cual se instalará un material de superficie concreto 3000 PSI con refuerzo malla electrosoldada 0.25x0.25m, d=4mm, y que se debe realizar en los sitios donde se encuentren rampas vehiculares.

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	15 CM	Concreto 3000 PSI reforzado con malla electrosoldada #6
	18 CM	Subbase Granular Clase, SBG_PEA mejorada con cemento portland (5%) y aditivo iónico (1,0 l/m3)
	-	Geotextil t, resist. Ultima (tira ancha)=60 kn/m para separación subrasante/capas granulares

Tabla 4 Estructura para rampas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

5. CONCLUSIONES

Los materiales por utilizar para el desarrollo de los trabajos de obra deberán cumplir con los requerimientos de especificación enmarcados bajo la normativa técnica del contrato y vigente para el desarrollo del mismo.

En el momento de llevar a cabo la implementación del sistema de pavimento para los andenes es necesario llevar a cabo la remoción y excavación del material la cual consiste en la disgregación de la superficie del terreno y su posterior compactación a efectos de homogenizar la superficie de apoyo, para garantizar las características necesarias para su adecuado funcionamiento.

Para la subrasante se recomienda un geotextil tejido biaxial fabricado en poliéster por inserción de trama, lo anterior con la finalidad de proceder con la labor de separación y filtro en la base de apoyo del sistema.

La inclusión de un aditivo líquido iónico dentro de una mezcla de base granular estabilizada con cemento al 5% se sustenta en el comportamiento químico, mecánico y de durabilidad demostrado en los ensayos del documento técnico aportado, y se integra de manera coherente con lo dispuesto por la Especificación Técnica 520-18 del IDU para capas de base y subbase mejoradas con cemento hidráulico. Esta combinación es compatible con el tipo de mezcla definida en la especificación, no altera los requisitos normativos exigidos y contribuye a mejorar la eficiencia estructural de la capa tratada.

a) Compatibilidad con la Especificación 520-18 del IDU

La Especificación 520-18 establece que las capas de base o subbase mejoradas con cemento pueden incluir, además del material granular, cemento, agua y “eventualmente aditivos”, siempre que estos sean compatibles con el cemento hidráulico y que su empleo y dosificación sean definidos por el diseñador mediante ensayos previos que demuestren el efecto deseado y sin alterar negativamente las propiedades restantes de la mezcla. La

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

especificación también exige que se verifique la ficha técnica, certificaciones y compatibilidad del aditivo con el cemento. (ver anexo Ficha técnica aditivo Protech)

En este contexto, el uso de un aditivo líquido iónico cumple plenamente con la especificación, pues su función es modificar el comportamiento del suelo y del cemento mediante mecanismos de intercambio iónico, floculación controlada y reducción de susceptibilidad al agua, sin interferir con las reacciones cimentantes. Además, su aplicación se ajusta al proceso constructivo descrito en la especificación, dado que puede incorporarse disuelto en el agua de mezclado, conforme al procedimiento de mezcla en planta o mezcla en sitio previsto normativamente.

b) Fundamentación química y mecánica del aditivo

El documento técnico entregado como anexo, describe que el aditivo líquido iónico genera un proceso de reorganización interna de partículas finas, reduce la capacidad de adsorción de agua y promueve la formación de microestructuras más estables en combinación con un aditivo sólido como el cemento. Este mecanismo produce un aumento de cohesión, una reducción significativa en la pérdida de humedad y una mejora del desempeño mecánico de la mezcla.

En los ensayos de laboratorio incluidos en el documento, se observan incrementos importantes en resistencia a la compresión, capacidad soporte (CBR), módulo resiliente y resistencia a la tracción indirecta cuando el aditivo líquido se utiliza en combinación con cemento. Este comportamiento mejora la rigidez inicial de la mezcla y aporta progresivamente a su resistencia a largo plazo, manteniendo un desempeño uniforme aun en presencia de variaciones de humedad.

De igual forma, la estabilización dual (cemento + aditivo líquido) mantiene un comportamiento semi-ligado y flexible, mitigando la excesiva rigidez propia de las capas exclusivamente cementadas, lo cual favorece su compatibilidad con carpetas asfálticas y reduce la posibilidad de fisuración por retracción.

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

c) Contribución del aditivo al cumplimiento de los requisitos normativos de la mezcla

La Especificación 520-18 define lineamientos sobre granulometría, calidad de agregados, contenido mínimo de cemento, pérdidas en durabilidad, resistencia mínima y calidad del agua, todos los cuales siguen siendo aplicables sin restricciones cuando se usa un aditivo líquido iónico.

La presencia del aditivo no sustituye el papel estructural del cemento, sino que optimiza la microestructura del material granular y mejora la eficiencia de su interacción con el aglutinante. Como resultado, la mezcla logra más fácilmente los parámetros establecidos por la especificación, tales como:

- Alcanzar la resistencia mínima exigida a los siete días según la clasificación del material granular;
- Cumplir con los límites de pérdida en durabilidad establecidos por la norma de ensayo correspondiente;
- Asegurar la homogeneidad de la mezcla durante su fabricación en planta o en sitio;
- Mantener la humedad de compactación dentro de los rangos definidos en la fórmula de trabajo;
- Facilitar la obtención de una densidad compactada igual o superior al 98% de la densidad máxima determinada.

Estos beneficios se traducen en una mejor capacidad para cumplir con los controles de calidad de la mezcla y de la capa terminada establecidos en las Tablas 520.6, 520.7 y 520.8 de la especificación, especialmente en lo relativo a resistencia, módulo de reacción, densidad, espesor y planicidad.

d) Mejora de la durabilidad hidráulica y resistencia al agua

El documento técnico evidencia que la adición del aditivo líquido iónico incrementa la estabilidad del material frente a ciclos de humedad, reduciendo la susceptibilidad a pérdidas

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

de estructura y favoreciendo la retención de resistencia. Esto complementa de forma directa las exigencias de la Especificación 520-18, que requiere que las mezclas tratadas con cemento alcancen niveles adecuados de durabilidad y un comportamiento estable ante exposiciones a agua, condición indispensable para pavimentos urbanos sujetos a infiltraciones y variaciones de humedad.

e) Contribución al desempeño en servicio y compatibilidad estructural

Los resultados presentados en el documento muestran valores elevados de módulo resiliente en edades tempranas y aumentos progresivos a medida que avanzan las reacciones internas. Este comportamiento permite que la capa actúe como un elemento de soporte eficiente dentro de la estructura del pavimento, mejorando de forma directa la transmisión de cargas hacia capas inferiores y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del pavimento.

A su vez, el carácter semi-ligado de la mezcla con aditivo líquido reduce la posibilidad de fisuración excesiva, condición que es coherente con la recomendación de prefisuración de la Especificación 520-18 cuando los contenidos de cemento son elevados y en materiales muy rígidos. En este caso, el aditivo favorece un comportamiento más estable y menos propenso a contracciones severas.

En conclusión, la utilización de un aditivo líquido iónico en combinación con una dosificación de cemento al 5% en la base granular se justifica desde el punto de vista químico, mecánico, hidráulico y normativo.

El aditivo:

- Es compatible con la estructura del diseño descrito en la Especificación 520-18 del IDU;
- Optimiza la reacción del cemento sin interferir con sus propiedades fundamentales;
- Incrementa la resistencia, rigidez y cohesión de la mezcla;

	CONTRATO COP-938-2025– REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE	CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025
ALCALDÍA DE KENNEDY	Versión 001	

- Mejora significativamente la estabilidad frente a la humedad;
- Facilita el cumplimiento de los controles de calidad exigidos por la especificación;
- Contribuye a la durabilidad y desempeño estructural del pavimento en condiciones reales de servicio.

Por lo tanto, su inclusión se considera técnica, funcional y normativamente adecuada para el diseño de una base estabilizada con cemento al 5% y 1Lt/m3 de aditivo ionizante.

6. LIMITACIONES

En caso de encontrarse condiciones diferentes a las aquí consignadas se deberá informar a la menor brevedad a esta consultoría para analizar la situación y verificar las condiciones propias de los cambios que se requieran efectuar. Cualquier modificación que se efectuó deberá ser informada a esta consultoría para analizar su viabilidad y deberá llevar el visto bueno y acuerdo con comunicación oficial.

Bogotá D.C. febrero 23 de 2026

SAVIMAC-FDLK-0008-2026

Señores:

CONSORCIO VIAL KENNEDY 2025

Atención: Ing. RAFAEL GUSTAVO SOLANO OSORIO

Director de Obra Consorcio Vial Kennedy 2025

Bogotá D.C.

Referencia: CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.: 994 DE 2025, DE OBJETO: REALIZAR LA INTERVENTORÍA, TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, FINANCIERA, SOCIAL, AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN EL TRABAJO AL CONTRATO QUE TIENE COMO OBJETO “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”

Asunto: REVISIÓN DE DISEÑO DE INTERVENCIÓN PARA ANDENES.

Una vez revisada la información remitida por el contratista y el equipo de consultoría del contratista de obra, esta interventoría se permite emitir **CONCEPTO FAVORABLE Y DE NO OBJECCIÓN**, a lo planteado en el DISEÑO DE INTERVENCIÓN PARA ANDENES, que serán ejecutados en la Localidad de Kennedy, bajo la intervención del contrato de Obra Pública No.: 938-2025, cuyo objeto es: “REALIZAR LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, BOGOTÁ, D.C. A TRAVÉS DEL SISTEMA DE PRECIOS UNITARIOS FIJOS Y A MONTO AGOTABLE.”, de acuerdo con lo siguiente:

Estructura para andenes:

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	10 CM	Concreto 3000 PSI estampado

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	18 CM	Subbase Granular Clase, SBG_PEA mejorada con cemento portland (5%) y aditivo ionico (1,0 l/m3)
	-	Geotextil t, resist. Ultima (tira ancha)=60 kn/m para separación subrasante/capas granulares

La estructura de diseño para anden contempla carga peatonal, sobre la cual se instalará un material de superficie de concreto simple estampado con resistencia de 3000 PSI.

Estructura para Rampas:

	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
	15 CM	Concreto 3000 PSI reforzado con malla electrosoldada #6
	18 CM	Subbase Granular Clase, SBG_PEA mejorada con cemento portland (5%) y aditivo iónico (1,0 l/m3)
	-	Geotextil t, resist. Ultima (tira ancha)=60 kn/m para separación subrasante/capas granulares

La estructura de diseño para rampa a nivel de andén, contempla instalar un material de superficie de concreto de 3000 PSI, con refuerzo de malla electrosoldada 0.25x0.25m, d=4mm, que se debe realizar en los sitios donde se encuentren rampas vehiculares.

Es importante mencionar que el contratista de obra deberá acatar las recomendaciones que se proponen y se consignan en el documento de **DISEÑO DE INTERVENCIÓN PARA ANDENES**, de acuerdo con las consideraciones, contempladas por la consultoría, las cuales se encuentran **aprobadas y con visto bueno de esta Interventoría**, donde se recomiendan alternativas para realizar la intervención de **andenes**, que se encuentra referenciados en el documento denominado: **“DISEÑO DE INTERVENCIÓN PARA ANDENES”**.

Cordialmente,



JULIAN BARRIGA
Ingeniero Civil
Especialista en Geotecnia vial y Pavimentos
M.P. 25202-139172 CND

Anexo: DISEÑO DE INTERVENCIÓN PARA ANDENES.