SAICON INGENIERIA	INFORME DE DISEÑO	
	Documento. S-GC-F01	Página **1** de **65**

PROYECTO

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE, TOLIMA

TITULO

INFORME DE DISEÑO DEL PAVIMENTOS

CLIENTE

CONSORCIO VIAS IBAGUE 2022

VERSION	FECHA	OBSERVACION DE LA VERSIÓN
0	2022/12/12	Entrega versión 0 para revisión por parte de Interventoría.

JUAN DANIEL MOYA	**DIEGO ESPINOSA RODRIGUEZ**
GERENTE TECNICO	**ESPECIALISTA DE PAVIMENTOS**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. LOCALIZACIÓN 5
3. CONTEXTO GEOLÓGICO 8
3.1. Características morfológicas y geológicas 9
3.2. Acotaciones sobre rasgos geológicos del proyecto 10
4. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) 10
4.1. Levantamiento de daños superficiales PCI 12
4.2. Diagnóstico de la condición superficial (PCI) 15
5. EXPLORACIÓN GEOTECNICA PARA PAVIMENTOS 17
5.1. Perfil estratigráfico de pavimentos 20
5.2. Ensayos de laboratorio 24
5.3. Nivel freático 28
5.4. Redes de servicios públicos 28
6. ANALISIS DE LA SUBRASANTE 29
6.1. Resistencia mecánica 44
6.2. Modulo resiliente 45
6.3. Mejoramiento 51
6.1. Potencial expansión de la subrasante 53
7. CLIMA 56
7.1. Información de referencia 56
7.2. Precipitación 57
7.1. Temperatura media anual 58
8. TRÁNSITO 60
9. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE 62
10. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES 62
10.1. Dimensionamiento preliminar de pavimentos flexibles. 64
10.2. Funciones de transferencia 66
10.3. Chequeo mecánico de estructuras de pavimento flexible. 67
10.4. Estructuras finales de diseño en pavimento flexible. 69

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

11. DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS 69
11.1. Cálculo de esfuerzos y deformaciones en pavimentos rígidos 71
11.2. Verificación de esfuerzos térmicos y de carga en la losa 74
12. CONCLUSIONES 76
13. RECOMENDACIONES ADICIONALES 77
13.1. Generales 77
13.2. Drenajes 79
13.3. Presencia de vegetación 79
14. LIMITACIONES 81
15. REFERENCIAS 81
16. Anexo I: registro fotográfico y levantamiento de daños superficiales 82
17. Anexo II: Exploración geotécnica. 83
18. Anexo III: Resultados de laboratorio. 84
19. Anexo IV: certificados de calibración. 85
20. Anexo V: Memorias de Calculo. 86
21. Anexo VI: proyección de transito 87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista general de la ubicación del proyecto (Google earth, 2015) 7
Figura 2. Ubicación de los diferentes segmentos de diseño, municipio de Ibagué, Tolima. 8
Figura 3. Modelo Geológico de Ibagué. (Instituto Geofísico Universidad Javeriana y Consultoría Colombiana, 2000). 9
Figura 4. Principales daños encontrados en los tramos viales (Piel de cocodrilo y Parches deteriorados) 13
Figura 5. Principales daños encontrados en los tramos viales (Parches por Acometidas de servicio, descascaramiento y Abultamiento 13
Figura 6. Principales daños encontrados en los tramos viales (Depresión de agua, perdida de agregado y Huecos). 14
Figura 7. Principales daños encontrados en los tramos viales (Grieta Lineal, Grieta de Durabilidad “D”, Losa Dividida y Pulimiento de agregados). 14
Figura 8. Exploraciones geotécnicas mediante apiques. 18
Figura 17. Variación temporal de precipitación media anual por cada estación. 58
Figura 18. Temperatura Media Anual Colombia– Atlas Climatológica de Colombia Fuente: IDEAM, 2014 59
Figura 19. Marcha anual de la temperatura máxima, media y mínima Fuente: IDEAM, 2014 59
Figura 20. Temperatura Media Anual Tolima– Atlas Climatológica de Colombia Fuente: IDEAM, 2014 60
Figura 13. Zona de influencia de algunos árboles comunes en el Reino Unido (Jones, Venus, & Gibson, 2006). 80

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización del proyecto 6
Tabla 2. Daños según el tipo de pavimento que evalúa la metodología PCI. 11
Tabla 3. Rangos de PCI y códigos de clasificación superficial. 12
Tabla 4. Resultados de PCI de los segmentos para diseño 15
Tabla 5. Identificación y georreferenciación de la exploración geotécnica. 18
Tabla 6. Consolidado de resultados de laboratorio para subrasante. 25
Tabla 7. Consolidado de resultados de materiales granulares. 27
Tabla 8. Plasticidad de la subrasante. 43
Tabla 9. Resultados de resistencia mecánica a nivel de subrasante. 44
Tabla 10. Valores de modulo resiliente para cada tramo de estudio. 46
Tabla 11. Valores de Modulo Equivalente con mejoramiento de subrasante. 53
Tabla 12. Clasificación de suelos expansivos. 53
Tabla 13. Evaluación del potencial de expansión del suelo. 54
Tabla 14. Estaciones climáticas en Ibagué, Tolima - tipología y características. 56
Tabla 15. Valor de ejes equivalentes considerado para el diseño de los segmentos viales 61
Tabla 16. Niveles de confiabilidad sugeridos de acuerdo con la clasificación funcional del camino. 63
Tabla 17. Desviación estándar So. 64
Tabla 18. Coeficientes de drenaje recomendados para capas granulares. 65
Tabla 19. Espesores de diseño preliminar por segmento. 65
Tabla 20. Valor del factor de desplazamiento (calage) de la ecuación de fatiga de Shell en función del nivel de confiabilidad 66
Tabla 21. Espesores finales de diseño para pavimento flexible. 69
Tabla 22. Espesores de diseño para pavimentos rígidos. 71

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

1. INTRODUCCIÓN

Mediante la solicitud del Consorcio Vial Ibagué 2022 se presenta en este informe técnico el diseño de pavimentos para cincuenta (51) segmentos viales en el municipio de Ibagué, en el departamento del Tolima, dentro del marco del contrato de obra 2539 de 2022 – Alcaldía de Ibagué, cuyo objeto es "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE TRAMOS PRIORIZADOS DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE ". Se presentan para consideración de la interventoría del proyecto y la entidad contratante, dos alternativas técnicas para la construcción de pavimentos dependiendo de la condición de cada segmento analizado: una en pavimento flexible siguiendo la metodología de diseño AASHTO-93 y una en pavimento en concreto con diseño metodológico de la PCA-84. Ambas alternativas contienen el sustento técnico suficiente explicado mediante los siguientes capítulos:

- Capítulo 3 – Contexto Geológico: contiene la descripción de los rasgos geológicos que enmarcan los depósitos de suelos y rocas en los que se sitúa el proyecto general.
- Capítulo 4 – Evaluación superficial del pavimento: contiene la descripción de los daños mediante metodología PCI.
- Capítulo 5 – Exploración Geotécnica y Medición Indirecta: contiene la descripción de la estratigrafía del pavimento actual y de las condiciones del suelo de cimentación de estructuras de pavimento.
- Capítulo 6 – Análisis de la Subrasante: se realiza un análisis de los resultados de laboratorio para muestras de subrasante.
- Capítulo 7 – Clima: contiene la descripción general de las condiciones climáticas de la zona, específicamente temperatura media y lluvia. Parámetros fundamentales para la evaluación de pavimentos.
- Capítulo 8 – Transito: se presenta la información de carga vehicular para diseño de pavimentos, con la evaluación por proyección de vehículos pesados para diseño de pavimento flexible y rigido.
- Capítulo 9 – Mejoramiento de la subrasante: se presentan las consideraciones del estudio para mejoramiento de suelos.
- Capítulo 12 – Recomendaciones y tipos de intervención: contiene el diseño de la rehabilitación del pavimento y las recomendaciones constructivas.

En los capítulos finales se presentan recomendaciones constructivas y conclusiones del estudio en particular.

2. LOCALIZACIÓN

El tramo en estudio está compuesto por aproximadamente 4721 m lineales de vías localizados en diferentes sectores ubicados alrededor de las 13 comunas que conforman la ciudad de Ibagué, capital del departamento de Tolima.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Para evaluar y dictaminar la condición actual del pavimento primordialmente se realiza el inventario de los tramos existentes que tienen algún tipo de superficie de tránsito, rígida o flexible, se mide su longitud, ancho y así logrando obtener el valor del área. Este inventario solo se realiza en segmentos priorizados por la entidad contratante en diferentes barrios ubicados alrededor de las 13 comunas. El diagnostico hace parte fundamental del diseño de pavimentos, ya que permite conocer las condiciones funcionales actuales, la tipología de los daños, las características físicas y mecánicas de los materiales que componen la estructura del pavimento y las condiciones generales de la subrasante.

En total se presentan los diseños de cuarenta y dos (42) segmentos, los cuales se especifican a continuación:

Tabla 1. Localización del proyecto

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA
1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	65	6	390
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	86	8	688
3	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	76	7	532
4	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	49	6	294
5	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	88	5.5	484
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	120	9.86	1183.2
8	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	60	6	360
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	145	7	1015
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	100	5.5	550
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	75	6	450
13	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	125	8	1000
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	97	5	485
16	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	165	6	990
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	90	7	630
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	150	6.5	975
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	87	6	522
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	81	6	486
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	106	5	530
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	60	6.5	390
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	130	6	780
26	CALLE 414 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	170	6	1020

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	260	7	1820
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	160	6.5	1040
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	93	6	558
32	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	44	5	220
34	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	30	5	150
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	230	7.3	1679
36	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	60	6	360
37	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	90	5	450
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	215	8	1720
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	96	6	576
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	70	5	350
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	131	6	786
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9	HACIENDA PIEDRA PINTADA	90	6	540
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	55	7	385
46	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	180	6.5	1170
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	90	6.5	585
48	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	102	6	612
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	76	5	380
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	354	6	2124

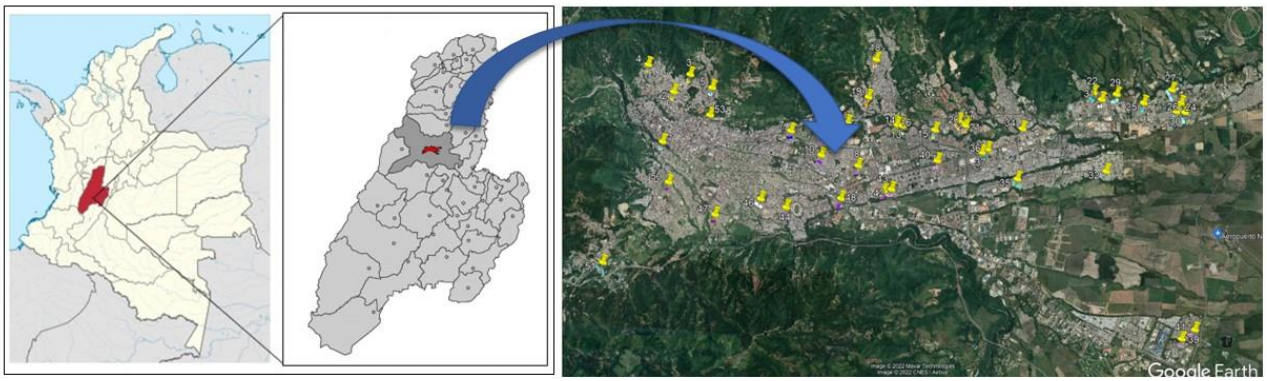


Figura 1. Vista general de la ubicación del proyecto (Google earth, 2015)

El área total de diseño corresponde a 30280 m2 aproximadamente. La Figura 2 muestra con ubicación de los diferentes segmentos dentro del área urbana de Ibagué:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

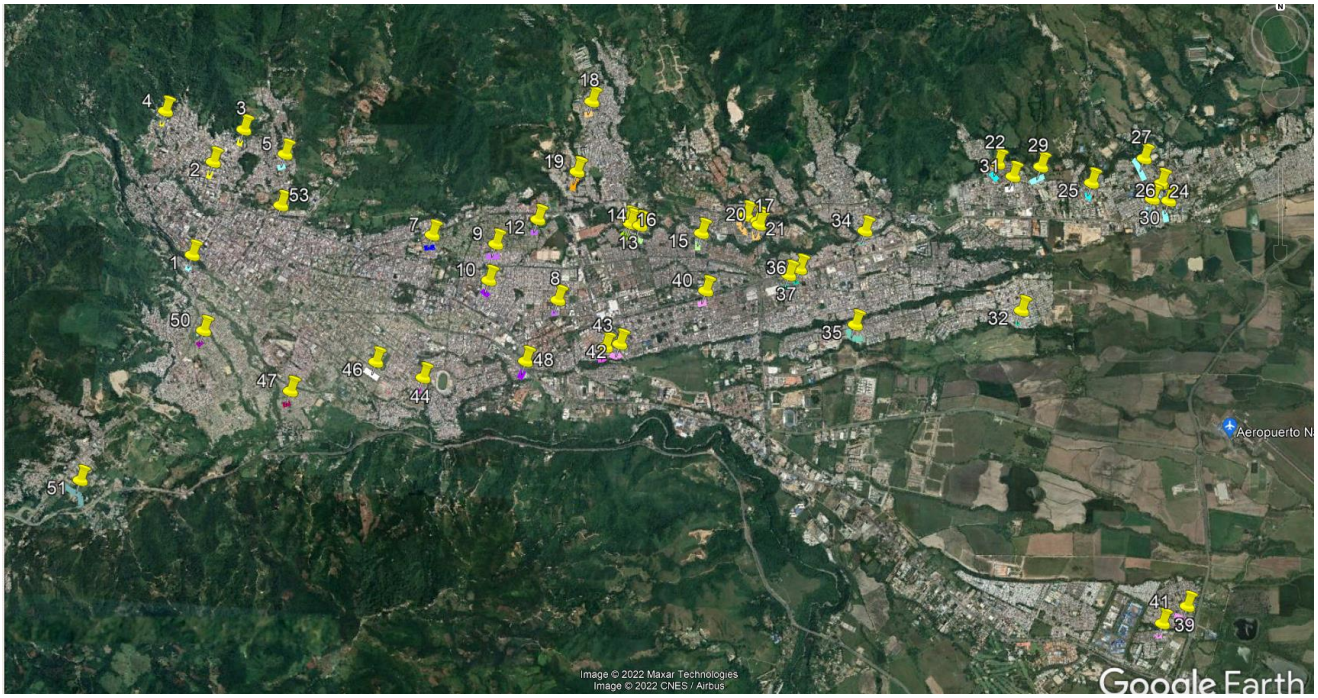


Figura 2. Ubicación de los diferentes segmentos de diseño, municipio de Ibagué, Tolima.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

La morfología actual de la zona de estudio se les atribuye a fenómenos relacionados con la sedimentación fluvial, fluvio-volcánica y a procesos erosivos y tectónicos que aún continúan activos, pero a menor tasa que en épocas anteriores por lo tanto se generan continuamente pequeños escarpes, conos de deyección, cárcavas y deslizamientos.

La ciudad de Ibagué se ubica sobre un abanico fluvio-volcánico que cubre un área de aproximadamente 700 km^2, con una longitud de unos 40 km sobre su eje longitudinal. Es la más grande manifestación de la intensa actividad glaciovolcánica de la cordillera Central. Este abanico consta de una acumulación de lahares, flujos de escombros, flujos de lodos, conglomerados generalmente de origen volcánico y capas de ceniza transportadas con un espesor aproximado de 150 m.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

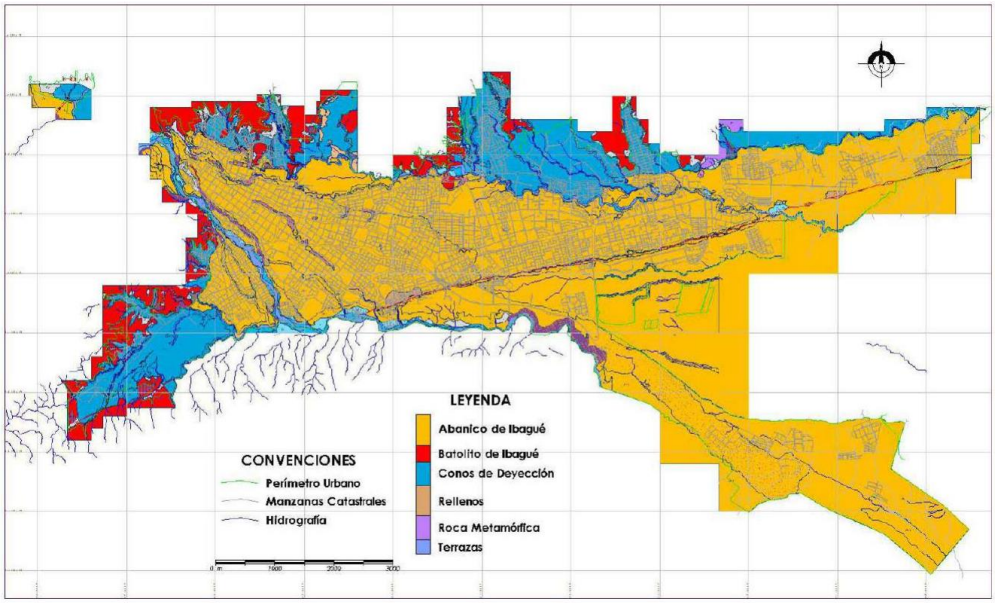


Figura 3. Modelo Geológico de Ibagué. (Instituto Geofísico Universidad Javeriana y Consultoría Colombiana, 2000).

3.1. Características morfológicas y geológicas

La información presentada en esta sección es tomada del estudio de aptitud urbanística de la ciudad de Ibagué. Decreto 0726 noviembre 2 de 2005:

Batolito de Ibagué (B):

El Batolito de Ibagué conforma el conjunto de montañas que circunda el casco urbano de la ciudad por los costados norte, occidente y sur, además del cerro Pan de Azúcar. En superficie, hasta profundidades estimadas entre 10 m y 20 m, se encuentra descompuesto por meteorización química a suelos residuales, saprolito y roca meteorizada, pero en profundidad pasa a granodiorita en estado rocoso. La descomposición se atribuye, principalmente, a la acción del agua de lluvia, proceso que ha transformado la roca original en suelos finos y granulares finos a medios. Roca fresca (BR) se encuentra en las orillas y cauces de corrientes de entalle profundo, tal como ocurre en la quebrada Lavapatas, a la salida para Villa Restrepo, y en un sector del cauce del río Combeima. La acción de la meteorización es gradual y su intensidad disminuye con la profundidad. En la parte más superficial del terreno, donde la meteorización es más severa, se encuentran suelos arcillo-limosos y limos arcillosos, con 30 a 70% de caolinita, además de esmectita, illita y clorita (Espitia y otros, 2003).

Pasa en profundidad a una zona donde predomina la fracción granular arenosa (denominada saprolito), compuesta principalmente de plagioclasa, cuarzo, biotita, hornblenda, y algunos núcleos de roca en los tamaños grava y bloque, hasta llegar a la roca casi inalterada en la parte más profunda, Análisis estadístico permitió definir tres sistemas de diaclasas (fracturas) cuyos planos tienen dirección de buzamiento y buzamiento de 107°/87°, 159°/ 83° y 199°/88° (Flores, 1982), orientación que produce un arreglo estructural de bloques rectangulares y un potencial de deslizamientos en forma de cuña al sur y sureste. 12 hacia el sur y suroccidente, en el sector de Martinica, el batolito

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

se encuentra afectado por un sistema de fallas paralelas de dirección noroeste-sureste, mientras que el cerro del norte de Ibagué lo está por fallas de dirección noreste-suroeste.

Abanico de Ibagué (A):

Es la unidad geológica en donde se localiza la mayor parte del área urbana de la ciudad de Ibagué, entre los ríos Combeima y Chipalo-Alvarado, extendiéndose desde La Pola, donde además de estar su punto de inicio, o ápice, es la parte más alta, con 1335 m de altitud, y se prolonga con declive hacia el oriente, pasando por los barrios Topacio (1000 m.s.n.m) y El Salado. Sobre el abanico se ubican el centro de la ciudad y sectores como La Pola, Piedra Pintada, San Bonifacio, Las Brisas, Plaza de Ferias, El Jordán, Villacafé, El Topacio, El Salado, Las Ferias, Picaleña, aeropuerto de Perales, Yuldaima, Ricaurte, entre otros. En el área de estudio el abanico está depositado sobre materiales del Batolito de Ibagué, excepto en el sector de Tierra Firme - Pedregal donde cubre roca metamórfica. La interpretación geomorfológica permitió diferenciar cuatro unidades dentro del Abanico de Ibagué, cada una de ellas representando fases consecutivas de depositación, las cuales se han relacionado con episodios eruptivos del volcán nevado del Tolima (Vergara y Moreno, 1992b)

3.2. Acotaciones sobre rasgos geológicos del proyecto

Los rasgos geológicos de la zona corresponden a depósitos fluvio-volcanicos que conforman terrazas de espesor variable en diferentes zonas de la geografía de Ibagué. Durante la exploración geotécnica de pavimentos, se pudo comprobar la relación de clasificación de materiales de suelo con la geología presentada en este informe. Para mayor descripción de los suelos de la zona remitirse al capítulo de exploración.

4. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

El PCI es una metodología para determinar el deterioro del pavimento en función de la severidad, cantidad, densidad y tipo de daño en pavimentos, flexibles y rígidos.

El índice de condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. El PCI mide el deterioro de la estructura de pavimento como una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El cálculo del PCI se basa en los resultados de un estudio visual de la condición del pavimento, en el que se identifica el tipo de daño, de acuerdo a los mecanismos de falla mostrados en la Tabla 2, la extensión y la severidad del daño.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

El PCI se desarrolló para proveer un índice que representará la integridad estructural y la condición de operación superficial. La información de daños obtenida como parte del estudio de la condición superficial, necesaria para el cálculo del PCI, provee una visión de las causas de los deterioros y permite determinar si las fallas de un segmento son producidas por las cargas o por el clima.

Tabla 2. Daños según el tipo de pavimento que evalúa la metodología PCI.

PAVIMENTO FLEXIBLE		PAVIMENTO RIGIDO	
No.	**Daño**	**No.**	**Daño**
1	Piel de cocodrilo.	21	Blow up / Buckling.
2	Exudación.	22	Grieta de esquina.
3	Agrietamiento en bloque.	23	Losa dividida.
4	Abultamientos y hundimientos.	24	Grieta de durabilidad “D”.
5	Corrugación.	25	Escala.
6	Depresión.	26	Sello de junta.
7	Grieta de borde.	27	Desnivel Carril / Berma.
8	Grieta de reflexión de junta.	28	Grieta lineal.
9	Desnivel carril / berma.	29	Parcheo (grande).
10	Grieta longitudinal y transversal.	30	Parcheo (pequeño)
11	Parcheo.	31	Pulimento de agregados
12	Pulimento de agregados.	32	Popouts
13	Huecos.	33	Bombeo
14	Cruce de vía férrea.	34	Punzonamiento.
15	Ahuellamiento.	35	Cruce de vía férrea
16	Desplazamiento.	36	Desconchamiento
17	Grieta parabólica (slippage)	37	Retracción
18	Hinchamiento.	38	Descascaramiento de esquina
19	Desprendimiento de agregados.	39	Descascaramiento de junta

El procedimiento para la toma del tipo, severidad y extensión de los daños de cada calzada, así como para el cálculo del PCI se realiza de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM D 6433-20 “Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys”.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. La preclasificación de los segmentos se puede categorizar en cuatro rangos en función del valor de PCI para su fácil interpretación. En la Tabla 3 se presenta la escala de clasificación considerada en este estudio, en la cual, la identificación por colores ayuda a identificar tramos con deterioros críticos (color rojo) o pavimento fallado, deterioros severos (color naranja) que requieren tratamiento correctivo, daños menores (color amarillo) que pueden corregirse por técnicas superficiales, y pavimento en buen estado (color verde), cuyos daños de menor severidad no generan inconvenientes para la movilidad por el segmento vial.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Tabla 3. Rangos de PCI y códigos de clasificación superficial.

PCI	0-25	26-55	56-89	90-100
Preclasificación	Rojo	Naranja	Amarillo	Verde
Código	D	C	B	A

El PCI se evaluó por segmentos entre los límites establecidos en este documento, realizando un registro fotográfico de la auscultación y conservando registros primarios de campo para luego ser procesados en área de ingeniería de pavimentos. En el **Anexo I: registro fotográfico y levantamiento de daños superficiales**, se presentan las fichas de levantamiento del índice de condición del pavimento PCI.

El modelo matemático que describe el cálculo de PCI para un segmento específico es:

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^{n}(PCI_n * A_n)}{\sum_{i=1}^{n}(A_n)}$$

Dónde:
PCI_n = valor de PCI de la unidad de muestreo.
A_n = área de la unidad de muestreo.

4.1. Levantamiento de daños superficiales PCI

Por medio de diagnósticos visuales y mediciones de campo que se realizaron a lo largo del corredor de estudio, se obtuvieron los PCI de cada uno de los segmentos. En la Tabla 4 se presentan las clasificaciones correspondientes de acuerdo con los índices PCI obtenidos y el código de clasificación de acuerdo con la metodología establecida en este documento.

Las secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura, pueden establecerse de acuerdo con los siguientes criterios:

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m². Para el caso específico del proyecto, algunos segmentos con anchos mayores fueron incluidos en el análisis conservando el requisito de área de la unidad de muestreo.

- Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

A continuación, se hace una descripción grafica de los principales daños encontrados en las capas superficiales de los diferentes tramos. El registro fotográfico completo se encuentra anexo a este informe.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.



Figura 4. Principales daños encontrados en los tramos viales (Piel de cocodrilo y Parches deteriorados)

- Se evidencia la presencia de piel de cocodrilo, es una patología que se genera por la presencia de una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, se desenvuelve generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga.

- Se puede observar el cambio de color de los parches realizados sobre la calzada, lo que puede ser indicativo de diferencias en la calidad de la mezcla asfáltica, o el envejecimiento del cemento asfaltico.



Figura 5. Principales daños encontrados en los tramos viales (Parches por Acometidas de servicio, descascaramiento y Abultamiento

- Se evidencian parches deteriorados, lo que indica que el daño localizado en esta área ha sido persistente y generando la importancia de una intervención inmediata, debido a que puede existir una aceleración del deterioro general de la estructura.

- Se haces evidentes daños por baches, que corresponden a la desintegración de la carpeta asfáltica que genera la exposición de los materiales granulares lo cual lleva al aumento del are afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

- Abultamiento: apreciamos esta patología cuando se generan abombamientos o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento, van acompañados de algunas fisuras. Este fenómeno es fruto principalmente por la expansión de la subrasante.



Figura 6. Principales daños encontrados en los tramos viales (Depresión de agua, perdida de agregado y Huecos).

- Se evidencian retenciones de agua lo que a largo plazo logra generar una desintegración superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos.



Figura 7. Principales daños encontrados en los tramos viales (Grieta Lineal, Grieta de Durabilidad "D", Losa Dividida y Pulimiento de agregados).

- Afloran fisuras longitudinales que corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica en la misma dirección del tránsito, son indicio de la presencia de esfuerzos a tensión en alguna de las capas de la estructura.

- En los segmentos bajo análisis se encuentran principalmente daños por losa dividida, grietas longitudinales y transversales y pulimento de agregados. Estas patologías están relacionadas con los niveles de cargas de tránsito sobre las losas, bajas capacidades de soporte del suelo, perdida de soporte de capas subyacentes, variaciones de humedad, y/o procesos constructivos deficientes.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

4.2. Diagnóstico de la condición superficial (PCI)

La Tabla 4 presenta los resultados de la evaluación superficial del pavimento mediante metodología PCI, de forma consolidada por abscisa de acuerdo a los daños superficiales evidenciados durante la auscultación. Los resultados de PCI discriminados por unidad de muestreo y segmento se presentan en el **Anexo I: registro fotográfico y levantamiento de daños superficiales** de este informe.

Tabla 4. Resultados de PCI de los segmentos para diseño

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA	No. CALLES	PCI		
								SUBMUESTRA	PROMEDIO	CÓDIGO
1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	65	6	390	1	9	9	D
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	86	8	688	1	0 0 0	0	D
3	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	76	7	532	1	0 0	0	D
4	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	49	6	294	2	0	0	D
5	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	88	5.5	484	2	26 23	25	D
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	120	9.86	1183.2	2	0 0 5	1	D
8	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	60	6	360	1	0 0	0	D
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	145	7	1015	2	4 8 6 6	5	D
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	100	5.5	550	2	0 3	2	D
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	75	6	450	1	40 29	34	C
13	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510	1	12 20	12	D
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	125	8	1000	5	14 27 17 23	20	D
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	97	5	485	2	14 7	11	D
16	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510	1	0	0	D
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	165	6	990	2	6 19 40 6	18	D
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	90	7	630	2	0 0	0	D

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA	No. CALLES	PCI		
								SUBMUESTRA	PROMEDIO	CÓDIGO
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	150	6.5	975	4	0 0 0	0	D D D
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	87	6	522	1	0 0	0	D
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	81	6	486	1	3	2	D
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	106	5	530	3	0	0	D
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	60	6.5	390	3	0 0	0	D
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	130	6	780	2	0 0	0	D
26	CALLE 414 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	170	6	1020	4	1 1 1	1	D
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	260	7	1820	4	1 1 0 20	5.5	D
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	160	6.5	1040	1	0 0 0 0	0	D
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	93	6	558	1	6 5	5.5	D
32	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	44	5	220	1	0	0	D
34	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	30	5	150	2	1	1	D
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	230	7.3	1679	2	46 39 0 0 0 0 66	22	D
36	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	60	6	360	1	0	0	D
37	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	90	5	450	1	0	0	D
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	215	8	1720	2	28 14 48 34 15 4	26	C
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	96	6	576	2	0	0	D
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	70	5	350	1	0	0	D
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	131	6	786	1	12	19	D

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA	No. CALLES	PCI		
								SUBMUESTRA	PROMEDIO	CÓDIGO
								25		
								20		
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9	HACIENDA PIEDRA PINTADA	90	6	540	3	0	0	D
								0		
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	55	7	385	1	17	20	D
								23		
46	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	180	6.5	1170	2	25	16	D
								15		
								0		
								25		
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	90	6.5	585	2	25	22	D
								20		
								20		
48	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	102	6	612	2	46	36	C
								14		
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	76	5	380	1	0	0	D
								0		
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	354	6	2124	2	4	4	D
								4		
								0		
								0		
								0		
								0		
								0		

5. EXPLORACIÓN GEOTECNICA PARA PAVIMENTOS

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 de los segmentos viales 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 este objetivo se realizaron calicatas de exploración geotécnica (apiques). Este método de exploración permite la observación directa del terreno, la toma de muestras, y la realización de ensayos in situ. Pueden realizarse manualmente o con retroexcavadora, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. Se deja al menos una de las paredes lo menos remoldeada y contaminada posible, de modo que represente fielmente el perfil estratigráfico de la estructura del pavimento. En cada apique se realiza una descripción visual o un registro de la estratigrafía comprometida.

La Figura 8 muestra una imagen general de la recuperación de muestras mediante apiques y la determinación de espesores mediante medición directa de las paredes de la excavación.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.



Figura 8. Exploraciones geotécnicas mediante apiques.

En la Tabla 5 se presenta la cantidad de apiques realizados en el segmento de estudio y su localización georreferenciada.

Tabla 5. Identificación y georreferenciación de la exploración geotécnica.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	APIQUES		
					NOMBRE	LATITUD	LONGITUD
1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	65	AP-1	4°26'27.37"N	75°14'36.86"O
					AP-2	4°26'28.76"N	75°14'35.86"O
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	86	AP-3	4°27'0.12"N	75°14'29.06"O
					AP-4	4°27'2.46"N	75°14'28.34"O
3	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	76	AP-5	4°27'11.82"N	75°14'18.12"O
					AP-6	4°27'13.36"N	75°14'17.58"O
4	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	49	AP-7	4°27'19.53"N	75°14'46.25"O
					AP-8	4°27'19.38"N	75°14'45.18"O
5	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	88	AP-9	4°27'3.94"N	75°14'3.56"O
					AP-10	4°27'4.35"N	75°14'1.98"O
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	120	AP-11	4°26'35.24"N	75°13'12.01"O
					AP-12	4°26'35.33"N	75°13'10.32"O
					AP-13	4°26'35.51"N	75°13'8.67"O
8	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	60	AP-14	4°26'11.25"N	75°12'25.72"O
					AP-15	4°26'12.96"N	75°12'25.74"O
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	145	AP-16	4°26'32.18"N	75°12'49.92"O
					AP-17	4°26'32.14"N	75°12'48.30"O
					AP-18	4°26'32.11"N	75°12'46.65"O
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	100	AP-19	4°26'20.14"N	75°12'51.49"O
					AP-20	4°26'19.14"N	75°12'50.24"O
					AP-21	4°26'18.20"N	75°12'49.11"O
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	75	AP-22	4°26'40.80"N	75°12'33.94"O
					AP-23	4°26'40.81"N	75°12'32.19"O
13	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	AP-24	4°26'38.86"N	75°12'0.51"O
					AP-25	4°26'39.97"N	75°11'59.08"O
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	125	AP-26	4°26'37.59"N	75°11'54.45"O
					AP-27	4°26'38.16"N	75°11'55.96"O
					AP-28	4°26'39.41"N	75°11'57.00"O
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	97	AP-29	4°26'34.83"N	75°11'34.52"O
					AP-30	4°26'36.87"N	75°11'34.49"O
16	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	AP-31	4°26'39.69"N	75°12'1.42"O
					AP-32	4°26'40.76"N	75°12'0.16"O
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6		165	AP-33	4°26'44.08"N	75°11'19.80"O

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	APIQUES		
					NOMBRE	LATITUD	LONGITUD
			SAN FRANCISCO		AP-34	4°26'42.58"N	75°11'18.93"O
					AP-35	4°26'41.21"N	75°11'17.86"O
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	90	AP-36	4°27'22.62"N	75°12'14.63"O
					AP-37	4°27'22.92"N	75°12'12.88"O
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	150	AP-38	4°26'55.84"N	75°12'19.25"O
					AP-39	4°26'57.37"N	75°12'18.94"O
					AP-40	4°26'58.83"N	75°12'18.52"O
					AP-41	4°26'59.90"N	75°12'17.58"O
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	87	AP-42	4°26'39.00"N	75°11'14.74"O
					AP-43	4°26'39.08"N	75°11'13.08"O
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	81	AP-44	4°26'40.25"N	75°11'14.68"O
					AP-45	4°26'40.36"N	75°11'13.02"O
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	106	AP-46	4°27'1.86"N	75° 9'49.84"O
					AP-47	4°27'0.56"N	75° 9'48.73"O
					AP-48	4°26'59.88"N	75° 9'47.89"O
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	60	AP-49	4°26'54.30"N	75° 8'50.80"O
					AP-50	4°26'53.14"N	75° 8'50.14"O
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	130	AP-51	4°26'52.68"N	75° 9'14.40"O
					AP-52	4°26'53.89"N	75° 9'15.23"O
26	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	170	AP-53	4°26'48.45"N	75° 8'48.18"O
					AP-54	4°26'46.86"N	75° 8'47.77"O
					AP-55	4°26'45.25"N	75° 8'47.43"O
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	260	AP-56	4°27'6.51"N	75° 8'59.04"O
					AP-57	4°27'5.27"N	75° 8'58.00"O
					AP-58	4°27'3.77"N	75° 8'57.15"O
					AP-59	4°27'2.15"N	75° 8'56.39"O
					AP-60	4°27'0.53"N	75° 8'55.70"O
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	160	AP-65	4°26'49.71"N	75° 8'53.74"O
					AP-66	4°26'48.01"N	75° 8'53.72"O
					AP-67	4°26'46.29"N	75° 8'53.84"O
					AP-68	4°26'44.77"N	75° 8'53.89"O
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	93	AP-69	4°26'56.00"N	75° 9'44.45"O
					AP-70	4°26'56.37"N	75° 9'42.23"O
32	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	44	AP-71	4°26'8.51"N	75° 9'40.39"O
34	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	30	AP-72	4°26'36.83"N	75°10'36.23"O
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	230	AP-73	4°26'6.31"N	75°10'40.92"O
					AP-74	4°26'4.65"N	75°10'40.47"O
					AP-75	4°26'3.36"N	75°10'39.57"O
					AP-76	4°26'2.85"N	75°10'37.93"O
					AP-77	4°26'3.13"N	75°10'36.23"O
36	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	60	AP-78	4°26'23.44"N	75°10'58.70"O
					AP-79	4°26'23.00"N	75°11'0.31"O
37	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	90	AP-80	4°26'21.52"N	75°11'1.85"O
					AP-81	4°26'21.04"N	75°11'3.69"O
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	215	AP-82	4°24'24.67"N	75° 8'44.27"O
					AP-83	4°24'23.95"N	75° 8'42.75"O
					AP-84	4°24'23.34"N	75° 8'41.25"O
					AP-85	4°24'22.65"N	75° 8'39.69"O
					AP-86	4°24'21.97"N	75° 8'38.15"O
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	96	AP-87	4°26'15.19"N	75°11'34.36"O
					AP-88	4°26'15.54"N	75°11'32.77"O

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	APIQUES		
					NOMBRE	LATITUD	LONGITUD
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	70	AP-89	4°24'17.10"N	75° 8'50.87"O
					AP-90	4°24'17.41"N	75° 8'49.33"O
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	131	AP-91	4°25'57.47"N	75°12'2.04"O
					AP-92	4°25'56.61"N	75°12'3.48"O
					AP-93	4°25'57.24"N	75°12'5.17"O
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9		90	AP-94	4°25'56.23"N	75°12'7.54"O
					AP-95	4°25'55.45"N	75°12'9.65"O
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	55	AP-96	4°25'43.93"N	75°13'14.23"O
					AP-97	4°25'45.35"N	75°13'13.35"O
46	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	180	AP-98	4°25'51.97"N	75°13'33.23"O
					AP-99	4°25'51.12"N	75°13'31.81"O
					AP-100	4°25'50.17"N	75°13'30.49"O
					AP-101	4°25'49.29"N	75°13'29.16"O
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	90	AP-102	4°25'39.41"N	75°14'2.40"O
					AP-103	4°25'40.00"N	75°14'0.70"O
48	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	102	AP-104	4°25'48.89"N	75°12'38.04"O
					AP-105	4°25'50.36"N	75°12'37.31"O
					AP-106	4°25'51.77"N	75°12'36.68"O
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	76	AP-107	4°26'0.69"N	75°14'33.06"O
					AP-108	4°26'1.68"N	75°14'31.65"O
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	354	AP-109	4°25'11.23"N	75°15'21.22"O
					AP-110	4°25'10.27"N	75°15'19.96"O
					AP-111	4°25'9.36"N	75°15'18.56"O
					AP-112	4°25'8.54"N	75°15'17.12"O
					AP-113	4°25'7.83"N	75°15'15.67"O
					AP-114	4°25'6.69"N	75°15'14.71"O
					AP-115	4°25'5.02"N	75°15'14.61"O

5.1. Perfil estratigráfico de pavimentos

A partir de las exploraciones realizadas, se obtuvieron los espesores que componen la estructura de pavimento actual. En las siguientes figuras se presentan los resultados del perfil estratigráfico por cada comuna y apique. Es preciso mencionar que este reporte de espesores de pavimento llega hasta la profundidad donde se encuentra el suelo de subrasante. A partir de esta profundidad se realiza la toma de muestras para CBR inalterado, en los casos en que el suelo lo permite.

Las convecciones para la identificación de la estructura de pavimento actual es la siguiente:

- Capa de rodadura asfáltica (CA)
- Losa de concreto (LS)
- Materiales granulares (MG) base y sub base

ESTRUCTURAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

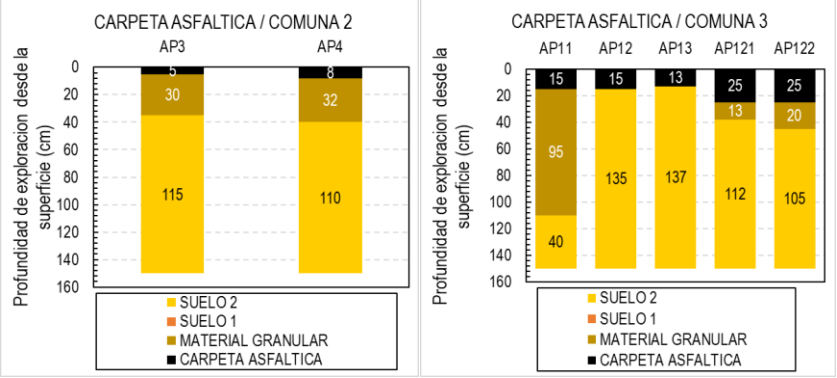


Figura 1. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 2 y 3.

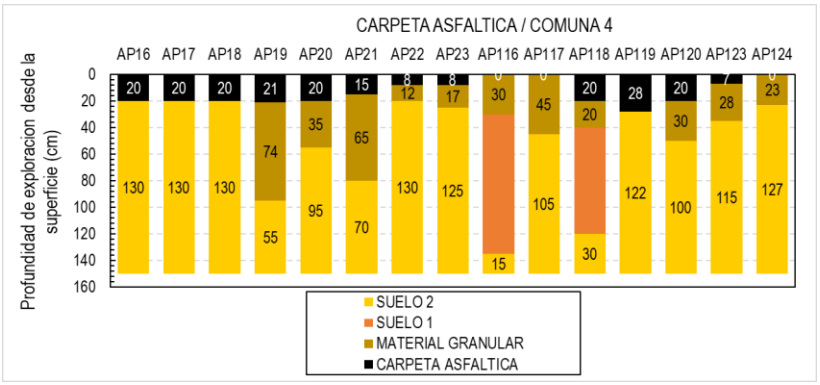


Figura 2. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comuna 4.

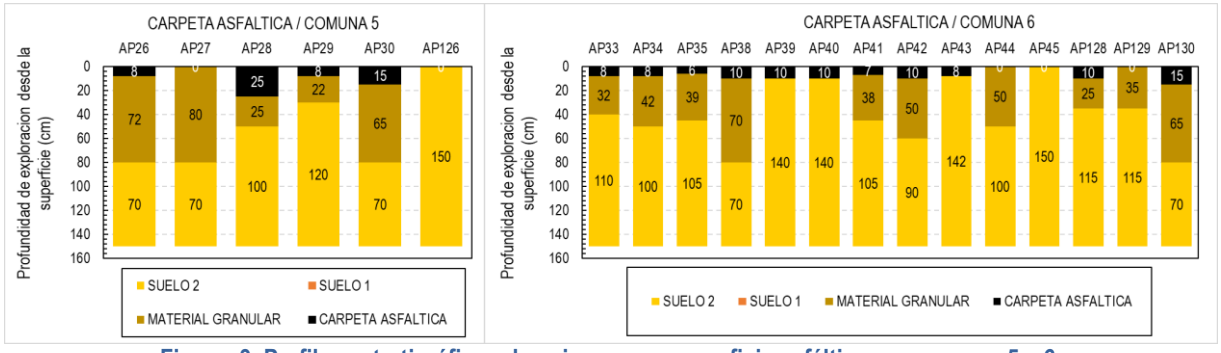


Figura 3. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 5 y 6.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

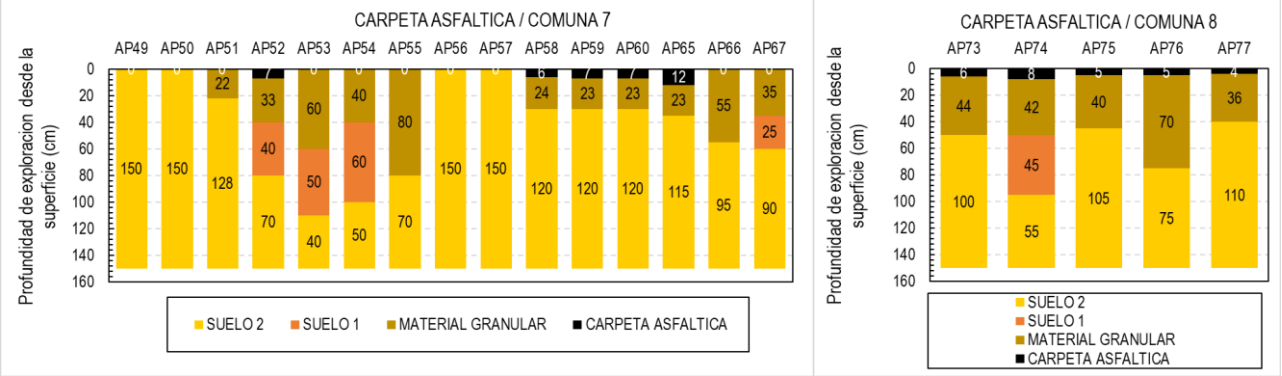


Figura 4. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 7 y 8.

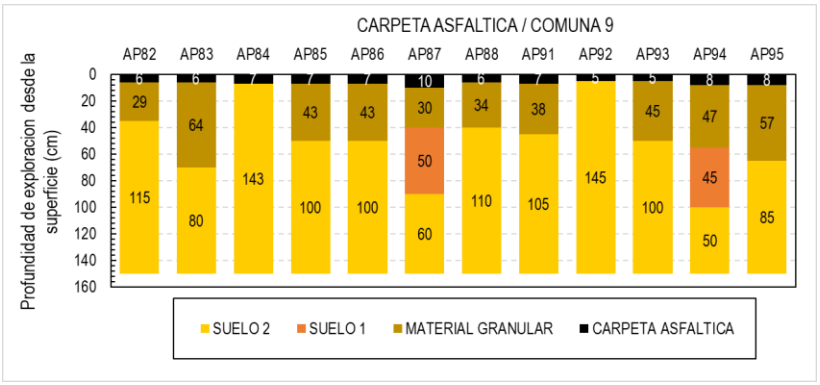


Figura 5. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comuna 9.

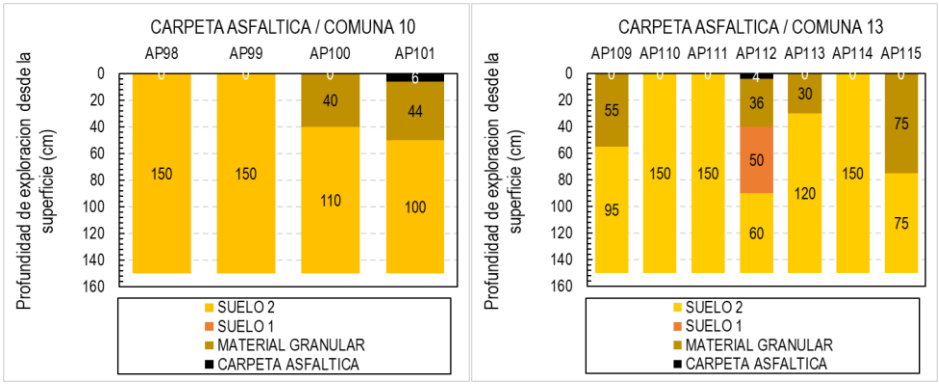


Figura 6. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 10 y 13.

ESTRUCTURAS CON PAVIMENTO RIGIDO:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

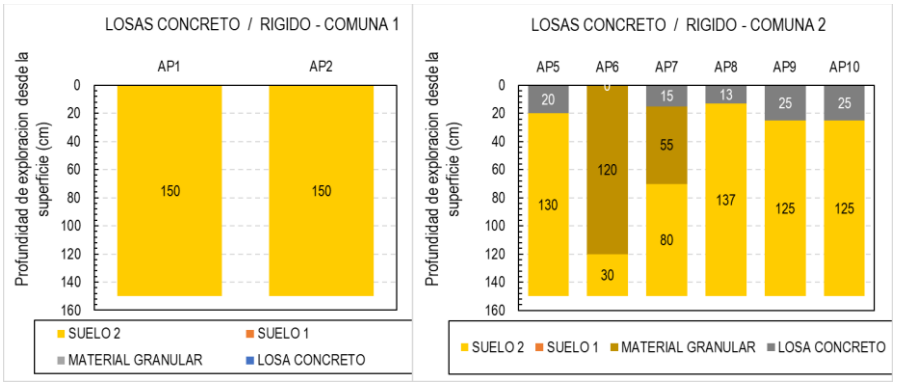


Figura 7. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 1 y 2.

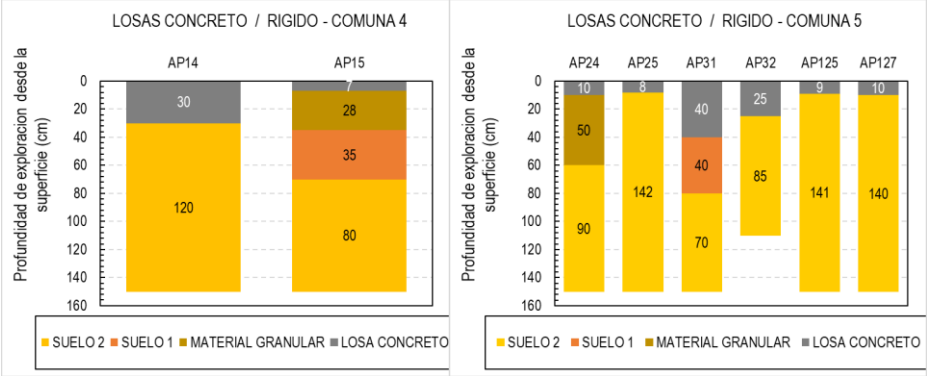


Figura 8. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 4 y 5.

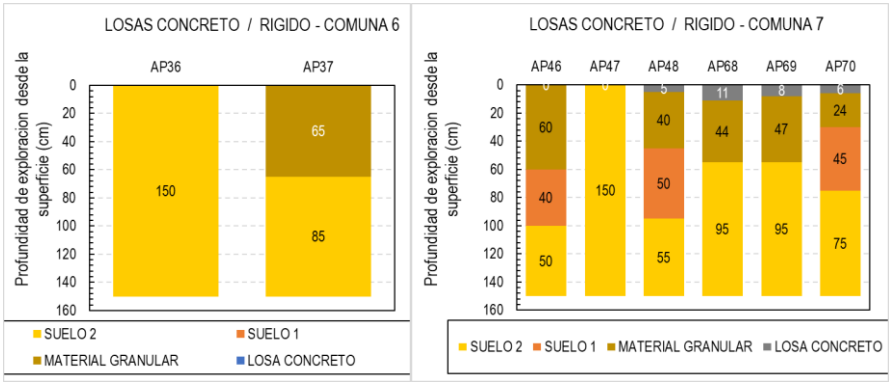


Figura 9. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 6 y 7.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

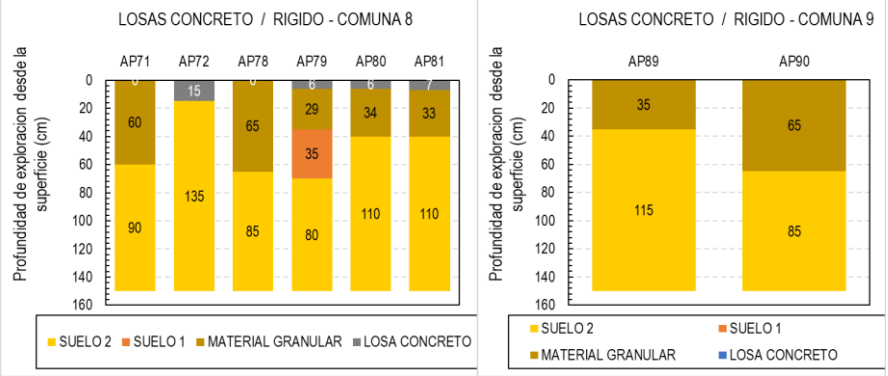


Figura 10. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 8 y 9.

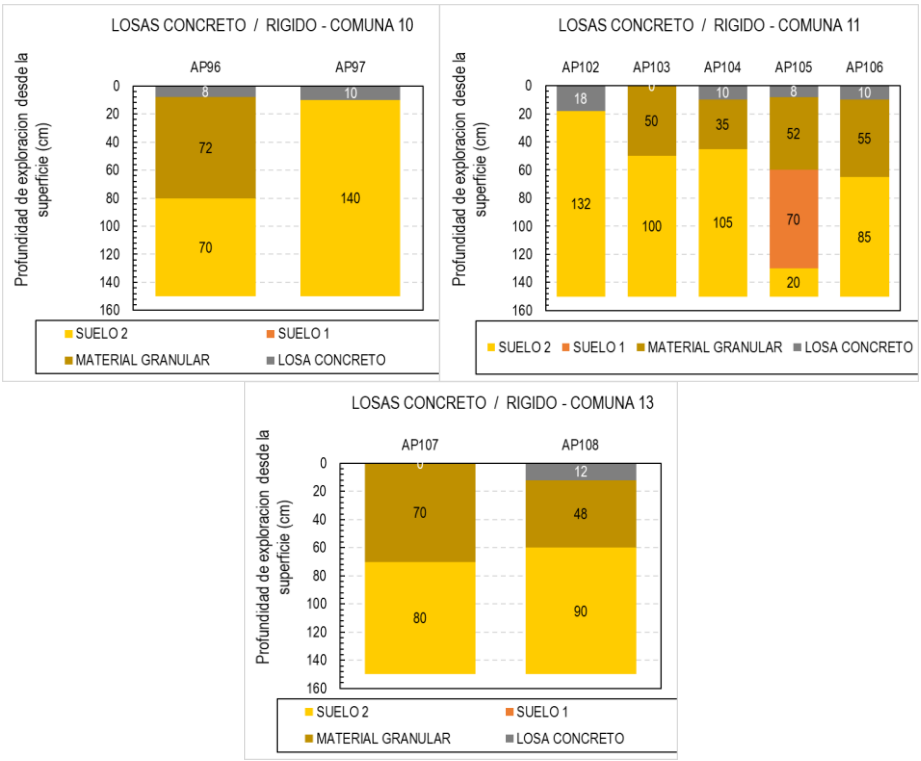


Figura 11. Perfiles estratigráficos de apiques con superficie asfáltica en comunas 10, 11 y 13.

En el **Anexo II: Exploración geotécnica.** se encuentra un archivo Excel con los resultados de la exploración geotécnica para pavimentos.

5.2. Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras alteradas recuperadas en las capas de materiales granulares se realizaron ensayos básicos de clasificación geotécnica (humedad natural, límites de consistencia y gradación). En sitios en donde fue posible

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

obtener muestras inalteradas de la subrasante, se realizaron ensayos de CBR en laboratorio para falla a humedad natural y luego de inmersión en agua por 96 horas. Los resultados de laboratorio obtenidos para muestras alteradas se encuentran en el **Anexo III: Resultados de laboratorio.** a este informe.

En la Tabla 6 se presenta un consolidado de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de laboratorio para muestras de subrasante.

Para la lectura de la Tabla 6, tener en cuenta las siguientes convenciones:

- L.L. = Limite liquido
- L.P. = Limite plástico
- I.P = Índice de Plasticidad
- I.L. = Índice de Liquidez
- USCS = Sistema unificado de clasificación de suelos INV E181
- AASHTO = Sistema de la clasificación de suelos de *American Association of State Highway and Transportation Officials* según INV E180

Tabla 6. Consolidado de resultados de laboratorio para subrasante.

T	LOCALIZACIÓN				MUESTRA			GRANULOMETRIA %PASA TAMIZ							HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN		
	No. Apique	DIRECCION	COMUNA	BARRIO	No.	De (m)	A (m)	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	% Grava	% Arena	% Fino		LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO GRUPO	AASHTO IG
								INVE-123-13 y/o INVE-213-13 y/o INVE-214-13							INVE-122-13	INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	INVE-180-13	
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	2	0.35	1.5	99.7	97.0	90.8	54.8	0.0	45.0	55.0	26.7	43	18	25.0	0.3	CL	A-7-5	10
	4				2	0.4	1.5	99.5	98.2	89.8	56.8	1.0	43.0	57.0	37.0	62	27	35.0	0.3	CH	A-7-5	17
3	6	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	2	1.2	1.5	96.9	82.6	49.4	27.3	3.0	70.0	27.0	10.8	30	14	16.0	-0.2	SC	A-2-6	0
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	1	0.15	0.7	99.6	98.4	88.9	59.7	0.0	40.0	60.0	26.0	35	18	17.0	0.5	CL	A-6	7
					2	0.7	1.5	99.1	96.3	79.2	53.4	1.0	46.0	53.0	25.6	34	17	17.0	0.5	CL	A-6	6
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	1	0.25	1.5	84.6	82.3	73.5	50.4	15.0	34.0	50.0	21.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	ML	A-4	0
	10				1	0.25	1.5	98.6	96.6	85.5	60.0	1.0	39.0	60.0	30.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	ML	A-4	0
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	1	0.15	1.1	99.5	98.8	91.4	59.2	1.0	40.0	59.0	20.0	33	14	19.0	0.3	CI	A-6	8
					2	1.1	1.5	95.6	92.6	82.3	50.6	4.0	45.0	51.0	39.7	51	22	29.0	0.6	CH	A-7-5	11
	12				1	0.15	1.5	100.0	99.7	85.5	58.5	0.0	42.0	58.0	39.4	60	24	36.0	0.4	CH	A-7-5	18
	13				1	0.13	1.5	100.0	99.9	94.3	73.8	0.0	26.0	74.0	40.5	73	29	44.0	0.3	CH	A-7-5	34
8	15	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	2	0.35	0.7	100.0	99.8	89.4	61.3	0.0	39.0	61.0	21.8	48	26	22.0	-0.2	CL	A-7-5	12
					3	0.7	1.5	99.8	99.0	90.3	61.3	0.0	38.0	61.0	28.4	37	18	19.0	0.5	CL	A-6	9
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	1	0.2	1.5	99.7	99.6	94.2	76.5	0.0	23.0	77.0	46.9	78	27	51.0	0.4	CH	A-7-5	41
	18				1	0.2	1.5	100.0	99.8	95.1	78.9	0.0	21.0	79.0	47.0	98	31	67	0.2	CH	A-7-6	58
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	1	0.21	0.95	99.8	99.5	90.0	55.9	0.0	44.0	56.0	22.0	38	15	23.0	0.3	CL	A-6	9
					2	0.95	1.5	93.1	90.9	82.6	64.2	7.0	29.0	64.0	24.5	65	20	45.0	0.1	CH	A-7-5	27
	20				2	0.55	1.5	96.2	95.6	87.1	26.5	4.0	70.0	27.0	45.2	40	14	26.0	1.2	SC	A-2-6	0
	21				1	0.15	0.8	99.9	99.7	96.3	82.7	0.0	17.0	83.0	31.4	62	20	42.0	0.3	CH	A-7-5	36
					2	0.8	1.5	94.3	93.6	61.5	10.9	6.0	83.0	11.0	31.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SP-SM	A-2-4	0
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	2	0.2	1.5	98.2	97.2	92.5	82.7	2.0	15.0	83.0	34.8	67	33	34.0	0.1	MH	A-7-6	32
	23				2	0.25	1.5	94.1	91.4	82.3	59.3	6.0	35.0	59.0	20.0	48	21	27.0	0.0	CL	A-7-5	13
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	1	0.1	0.6	98.6	98.0	89.4	62.0	1.0	37.0	62.0	24.7	44	20	24.0	0.2	CL	A-7-5	13
					2	0.6	1.5	98.6	98.1	90.2	59.8	1.0	39.0	60.0	34.0	46	16	30.0	0.6	CL	A-7-5	15
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	2	0.8	1.5	94.1	92.7	88.4	80.3	6.0	14.0	80.0	43.8	48	8	40.0	0.9	CL	A-7-5	30
	27				2	0.8	1.5	91.1	87.8	65.2	35.8	9.0	55.0	36.0	10.9	28	11	17.0	0.0	DC	A-6	2
	28				2	0.5	1.5	95.0	91.8	69.7	26.6	5.0	68.0	27.0	46.4	40	20	20.0	1.3	SC	A-2-6	0
15	30	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	2	0.8	1.5	61.8	53.9	42.7	26.8	38.0	35.0	27.0	10.6	43	14	29.0	-0.1	GC	A-2-7	0
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	3	0.8	1.5	97.6	96.7	90.8	70.7	2.0	27.0	71.0	20.9	43	20	23.0	0.0	CL	A-7-5	15
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	2	0.4	1.5	99.8	99.3	89.0	65.1	0.0	35.0	65.0	43.0	63	24	39.0	0.5	CH	A-7-5	24
	34				1	0.08	0.5	71.8	57.5	38.3	21.7	28.0	50.0	22.0	2.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
					2	0.5	1.5	99.6	98.2	88.7	50.2	0.0	49.0	50.0	19.0	32	13	19.0	0.3	CL	A-6	6
	35				2	0.45	1.5	96.5	96.0	86.7	68.2	4.0	28.0	68.0	28.0	50	21	29.0	0.2	CH	A-7-5	18
18	37	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	2	0.65	1.5	93.4	89.9	78.1	53.6	7.0	40.0	54.0	20.1	38	21	17.0	-0.1	CL	A-6	6
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	2	0.8	1.5	93.5	79.7	33.7	12.2	6.0	81.0	12.0	39.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	41				2	0.45	1.5	100.0	99.8	90.1	63.8	0.0	36.0	64.0	53.0	79	48	31.0	0.2	MH	A-7-6	22
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0.6	1.5	98.5	95.6	78.6	51.6	1.0	47.0	52.0	26.0	47	13	34.0	0.4	CL	A-7-5	13
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0.5	1.5	99.3	97.0	80.7	45.2	1.0	54.0	45.0	16.3	40	12	28.0	0.2	SC	A-6	7
22	46	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	2	0.6	1	88.0	81.6	70.9	57.3	12.0	31.0	67.0	34.0	610	19	41.0	0.4	CH	A-7-5	20

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

T	No. Apique	LOCALIZACIÓN			MUESTRA			GRANULOMETRIA %PASA TAMIZ							HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN		
		DIRECCION	COMUNA	BARRIO				No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	% Grava	% Arena	% Fino		LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO GRUPO	AASHTO IG
					No.	De (m)	A (m)	INVE-123-13 y/o INVE-213-13 y/o INVE-214-13							INVE-122-13	INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	INVE-180-13	
					3	1	1.5	99.9	96.8	94.2	82.9	0.0	17.0	83.0	31.3	39	21	18.0	0.6	CL	A-6	15
					2	0.45	0.95	99.9	99.2	86.4	55.3	0.0	45.0	55.0	20.0	41	21	20.0	-0.1	CL	A-7-5	8
					3	0.95	1.5	98.3	96.3	90.6	71.4	2.0	27.0	71.0	43.0	42	21	21.0	1.0	CL	A-7-5	14
25	51	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	2	0.22	1.5	98.5	97.3	86.9	44.3	2.0	54.0	44.0	17.6	27	15	12.0	0.2	SC	A-6	2
	52				2	0.4	0.8	97.4	95.3	84.9	53.2	3.0	44.0	53.0	23.5	43	17	26.0	0.3	CL	A-7-5	10
					3	0.8	1.5	100.0	99.9	88.6	59.2	0.0	81.0	19.0	24.0	35	16	19.0	0.4	SC	A-6	6
26	53	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	3	1.1	1.5	98.1	89.1	85.5	68.7	2.0	29.0	69.0	45.3	43	19	24.0	1.1	ML	A-4	0
	54				2	0.4	1	100.0	98.9	89.2	57.3	0.0	43.0	57.0	21.0	41	8	33.0	0.4	CL	A-7-5	14
					3	1	1.5	100.0	99.2	95.8	81.1	0.0	19.0	81.0	34.4	44	24	20.0	0.5	CL	A-7-5	27
	55				2	0.8	1.5	98.3	94.8	93.1	83.1	2.0	15.0	83.0	15.4	33	9	24.0	0.3	CL	A-6	17
27	58	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	2	0.3	1.5	99.8	96.7	95.0	89.9	0.0	10.0	90.0	20.6	51	17	34.0	0.1	CH	A-7-5	32
	59				2	0.3	1.5	99.6	98.7	91.2	64.0	0.0	36.0	64.0	28.0	52	19	33.0	0.3	CH	A-7-5	19
	60				2	0.3	1.5	99.1	93.9	90.9	78.3	1.0	21.0	78.0	17.5	27	17	10.0	0.1	CL	A-4	6
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	2	0.35	1.5	99.7	98.8	82.1	28.6	0.0	71.0	29.0	17.0	22	10	12.0	0.6	SC	A-2-6	0
	66				2	0.55	1.5	98.1	96.7	75.3	37.3	2.0	61.0	37.0	24.0	32	10	22.0	0.6	SC	A-2-6	3
	67				2	0.35	0.6	95.2	94.5	87.8	71.1	5.0	24.0	71.0	29.0	77	21	56.0	0.1	CH	A-7-5	40
					3	0.6	1.5	99.7	98.9	85.6	54.0	0.0	46.0	54.0	25.1	31	10	21.0	0.7	CL	A-6	7
	68				2	0.55	1.5	98.0	96.8	86.9	54.6	2.0	43.0	55.0	14.6	40	15	25.0	0.0	CL	A-6	11
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	2	0.55	1.5	100.0	99.9	95.6	73.1	0.0	27.0	73.0	41.0	26	15	11.0	2.4	CL	A-6	6
	70				2	0.3	0.75	98.2	97.5	74.0	30.7	2.0	67.0	31.0	16.0	32	12	20.0	0.2	SC	A-2-6	1
					3	0.75	1.5	96.7	91.6	89.3	58.6	3.0	38.0	59.0	34.1	42	21	21.0	0.6	CL	A-7-5	10
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	1	0	0.6	94.2	91.9	87.2	77.8	6.0	16.0	78.0	36.1	48	26	22.0	0.5	CL	A-7-5	18
					2	0.6	1.5	95.0	92.9	88.9	80.7	5.0	14.0	81.0	34.4	51	21	30.0	0.4	CH	A-7-5	25
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	2	0.5	1.5	97.4	94.6	79.4	51.3	3.0	46.0	51.0	21.9	33	16	17.0	0.3	CL	A-6	5
	74				2	0.5	0.95	100.0	99.7	88.7	60.7	0.0	39.0	61.0	26.0	72	28	44.0	0.0	CH	A-7-5	25
					3	0.95	1.5	98.8	98.4	83.9	44.3	1.0	55.0	44.0	19.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
	75				2	0.45	1.5	99.6	96.3	66.9	10.3	0.0	89.0	10.0	23.0	60	25	35.0	-0.1	SP-SC	A-2-7	0
	76				2	0.75	1.5	86.3	85.1	81.8	73.4	14.0	13.0	73.0	39.7	81	35	46.0	0.1	CH	A-7-6	37
	77				2	0.4	1.5	100.0	99.9	90.9	58.6	0.0	41.0	59.0	29.0	46	20	26.0	0.3	CL	A-7-5	12
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	2	0.65	1.5	99.0	98.0	88.9	65.6	1.0	33.0	66.0	18.4	42	17	25.0	0.1	CL	A-7-5	14
	79				2	0.35	0.7	98.7	97.8	90.0	64.8	1.0	34.0	65.0	24.7	45	16	29.0	0.3	CL	A-7-5	16
					3	0.7	1.5	99.9	99.6	88.8	63.0	0.0	37.0	63.0	36.1	51	24	27.0	0.4	CH	A-7-5	15
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	1	0.06	0.4	94.2	91.9	85.3	65.4	6.0	29.0	65.0	6.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	ML	A-4	0
					2	0.4	1.5	100.0	99.9	96.3	81.2	0.0	19.0	81.0	30.0	61	21	43.0	0.2	CH	A-7-5	47
	81				1	0.07	0.4	39.1	29.6	20.1	12.6	61.0	26.0	13.0	3.8	22	14	8.0	-1.3	GC	A-2-4	0
					2	0.4	1.5	100.0	99.9	99.0	91.8	0.0	8.0	92.0	33.0	56	20	36.0	0.4	CH	A-7-5	36
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	2	0.35	1.5	95.1	89.9	76.3	53.1	5.0	42.0	53.0	17.5	61	15	46.0	0.1	CH	A-7-5	19
	83				2	0.7	1.5	97.5	95.9	87.2	73.9	3.0	24.0	74.0	14.3	48	19	29.0	-0.2	CL	A-7-5	21
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	2	0.4	0.9	96.7	95.3	91.5	83.5	3.0	13.0	84.0	42.0	75	30	35.0	0.3	CH	A-7-5	42
					3	0.9	1.5	99.8	99.1	89.6	58.3	0.0	42.0	58.0	23.4	59	22	37.0	0.0	CH	A-7-5	19
	88				2	0.4	1.5	88.0	79.9	66.8	51.4	12.0	37.0	51.0	31.4	48	29	19.0	0.1	ML	A-7-5	7
41	90	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	1	0	0.65	99.9	99.7	95.2	72.8	0.0	27.0	73.0	22.0	55	13	42.0	0.2	CH	A-7-5	29
					2	0.65	1.5	99.1	95.6	82.8	50.5	1.0	49.0	50.0	18.8	41	17	24.0	0.1	CL	A-7-5	8
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9		3	1	1.5	99.8	99.1	89.7	54.1	0.0	46.0	54.0	23.2	31	11	20.0	0.6	CL	A-6	7
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	2	0.8	1.5	98.0	96.2	87.1	72.0	2.0	26.0	72.0	18.8	47	21	26.0	-0.1	CL	A-7-5	18
	97				1	0.1	1.5	100.0	99.9	93.4	70.4	0.0	30.0	70.0	36.0	61	26	35.0	0.3	CH	A-7-5	25
46	99	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	1	0	1.5	100.0	98.6	91.5	78.0	0.0	22.0	78.0	20.1	53	28	25.0	-0.3	CH	A-7-5	21
	100				2	0.4	1.5	100.0	99.2	91.2	64.1	0.0	36.0	64.0	29.6	42	16	26.0	0.5	CL	A-7-5	14
	101				2	0.5	1.5	93.8	84.3	59.0	28.8	6.0	65.0	29.0	11.1	23	16	7.0	-0.7	SC-SM	A-2-4	0
47	103	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	2	0.5	1.5	96.4	76.3	45.4	33.7	4.0	63.0	34.0	10.3	29	18	11.0	-0.7	SC	A-2-6	0
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	2	0.45	1.5	82.2	76.1	67.2	55.4	18.0	27.0	55.0	22.2	42	16	26.0	0.2	CL	A-7-5	11
	105				2	0.6	1.3	99.6	99.0	78.8	49.5	0.0	50.0	49.0	21.0	33	14	19.0	0.4	SC	A-6	5
					3	1.3	1.5	97.3	94.0	67.1	29.8	3.0	67.0	30.0	19.3	30	13	19.0	0.3	SC	A-2-6	0
	106				2	0.65	1.5	99.2	96.3	85.5	62.6	1.0	37.0	63.0	16.8	37	18	19.0	-0.1	CL	A-6	9
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	2	0.7	1.5	100.0	99.8	91.6	62.7	0.0	37.0	63.0	23.0	43	17	26.0	0.2	CL	A-7-5	14
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	2	0.55	1.5	100.0	99.1	85.6	65.6	0.0	34.0	66.0	35.0	63	28	35.0	0.2	CH	A-7-5	22
	112				2	0.4	0.9	97.7	94.3	78.6	59.3	2.0	38.0	59.0	20.4	42	18	24.0	0.1	CL	A-7-5	11
					3	0.9	1.5	97.6	93.4	87.8	73.3	2.0	24.0	73.0	29.7	51	24	27.0	0.2	CH	A-7-5	20
	113				2	0.3	1.5	92.5	90.8	76.4	57.7	7.0	35.0	68.0	26.8	36	20	16.0	0.4	CL	A-6	7
	115				2	0.75	1.5	98.0	94.3	72.9	51.8	2.0	46.0	52.0	20.0	42	18	24.0	0.1	CL	A-7-5	9

Para materiales granulares existentes en la estructura de pavimento se realizaron ensayos de clasificación AASHTO y SUCS mediante análisis granulométrico, humedad natural y determinación de los límites de consistencia. Los resultados se presentan la siguiente tabla.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Para la lectura de la Tabla 7, tener en cuenta las siguientes convenciones:

- L.L. = Limite liquido
- I.P = Índice de Plasticidad
- I.L = Índice de Liquidez
- USCS = Sistema unificado de clasificación de suelos INV E181
- AASHTO = Sistema de la clasificación de suelos de *American Association of State Highway and Transportation Officials* según INV E180

Tabla 7. Consolidado de resultados de materiales granulares.

T	LOCALIZACIÓN				MUESTRA			GRANULOMETRIA %PASA TAMIZ							HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN		
	No. Apique	DIRECCION	COMUNA	BARRIO				No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	% Grava	% Arena	% Fino		LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO	
					No.	De (m)	Hasta (m)	INVE-123-13 y/o INVE-213-13 y/o INVE-214-13							INVE-122-13	INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	GRUPO	IG
1	1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	1	0	1.5	67.9	60.5	46.0	28.1	32.0	40.0	28.0	12.6	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	2				1	0	1.5	67.4	58.1	39.8	1.5	33.0	66.0	2.0	19.1	33	18	15.0	0.1	SP	A-2-6	0
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	1	0.05	0.35	75.3	71.4	59.9	29.3	25.0	46.0	29.0	19.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	4				1	0.08	0.4	82.4	70.3	44.6	24.9	18.0	57.0	25.0	9.0	29	15	14.0	-0.4	SC	A-2-6	0
3	5	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	1	0.2	1.5	83.9	70.8	37.6	17.9	16.0	66.0	18.0	10.9	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	6				1	0	1.2	92.4	66.8	30.0	13.2	8.0	79.0	13.0	5.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
4	8	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	1	0.13	1.5	81.0	68.3	42.0	21.3	19.0	60.0	21.0	11.2	29	18	11.0	-0.6	SC	A-2-6	0
8	14	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	1	0.3	1.5	72.2	58.3	48.1	42.7	28.0	30.0	43.0	7.6	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
	15				1	0.07	0.35	61.4	47.9	30.0	16.5	39.0	45.0	17.0	6.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
9	17	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	1	0.2	1.5	66.2	58.2	49.6	37.0	34.0	29.0	37.0	27.0	26	15	11.0	1.1	GC	A-6	0
10	20	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	1	0.2	0.55	78.6	66.4	40.0	18.0	21.0	61.0	18.0	7.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	1	0.08	0.2	45.0	36.0	27.7	22.1	55.0	23.0	22.0	5.1	33	19	14.0	-1.0	GC	A-2-6	0
	23				1	0.08	0.25	77.9	71.7	56.3	44.5	22.0	33.0	44.0	2.7	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
13	25	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	1	0.08	1.5	66.3	51.3	28.0	14.4	34.0	52.0	14.0	6.0	27	19	8.0	-1.6	SC	A-2-4	0
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	1	0.08	0.8	62.3	55.1	42.7	29.7	38.0	33.0	30.0	13.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GM	A-2-4	0
	27				1	0	0.8	74.2	65.6	39.3	14.3	26.0	60.0	14.0	6.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	28				1	0.25	0.5	59.1	51.1	34.0	21.7	41.0	37.0	22.0	10.6	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GM	A-2-4	0
15	29	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	1	0.08	0.3	38.8	37.0	34.9	33.3	61.0	6.0	33.0	2.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GM	A-2-4	0
					2	0.3	1.5	86.1	77.8	56.7	26.5	14.0	60.0	26.0	7.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	30				1	0.15	0.8	50.7	39.7	23.3	12.2	49.0	38.0	12.0	6.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GM	A-2-4	0
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	1	0	0.4	65.2	51.4	30.8	19.3	35.0	46.0	19.0	4.0	23	16	7.0	-1.7	SC-SM	A-2-4	0
					2	0.4	0.8	56.3	39.4	18.4	9.7	44.0	47.0	10.0	13.6	31	16	15.0	-0.2	SW-SC	A-2-6	0
	32				1	0.25	1.1	77.1	66.5	49.1	33.5	23.0	44.0	33.0	27.8	47	28	19.0	0.0	SM	A-2-7	1
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	1	0.08	0.4	65.0	50.7	23.1	20.7	35.0	44.0	21.0	3.5	19	15	4.0	-2.9	SC-SM	A-2-4	0
	34				1	0.08	0.5	71.8	57.5	38.3	21.7	28.0	50.0	22.0	2.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	35				1	0.06	0.45	72.1	67.8	51.6	30.0	28.0	42.0	30.0	33.0	62	24	38.0	0.2	SC	A-2-7	3
18	36	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	1	0	1.5	95.4	86.7	64.1	38.3	5.0	57.0	38.0	27.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
	37				1	0	0.65	63.2	52.7	31.0	9.4	37.0	54.0	9.0	4.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SP-SM	A-2-4	0
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	1	0.1	0.8	25.7	21.1	14.3	9.1	74.0	17.0	9.0	3.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GP-GM	A-2-4	0
	39				1	0.1	1.5	72.6	60.5	30.2	13.2	27.0	59.0	13.0	6.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	40				1	0.1	1.5	77.9	64.8	35.5	15.8	22.0	62.0	16.0	6.0	32	18	14.0	-0.9	SC	A-2-6	0
	41				1	0.07	0.45	68.7	59.7	45.8	29.4	31.0	39.0	29.0	2.9	22	13	9.0	-1.1	SC	A-2-4	0
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	1	0.1	0.6	58.2	46.8	26.6	15.2	42.0	43.0	15.0	4.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	43				1	0.08	1.5	76.2	64.3	42.2	27.0	24.0	49.0	27.0	6.2	26	21	5.0	-3.0	SC	A-2-4	0
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	1	0	0.5	70.5	57.8	28.8	13.3	30.0	57.0	13.0	4.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	45				1	0	1.5	98.4	96.4	85.3	62.1	2.0	36.0	62.0	18.7	33	14	19.0	0.2	CL	A-6	9
22	46	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	1	0	0.6	67.8	54.2	29.4	14.3	32.0	53.0	14.0	4.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	47				1	0	1.5	58.6	34.8	22.1	6.1	41.0	52.0	6.0	3.6	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SW-SM	A-2-4	0
	48				1	0.05	0.45	62.5	49.2	28.9	18.6	37.0	64.0	19.0	4.5	25	14	11.0	-0.9	SC	A-2-6	0
24	49	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	1	0	1.5	80.1	72.7	62.3	41.8	20.0	38.0	42.0	8.6	29	22	7.0	-1.9	SC	A-4	0
	50				1	0	1.5	71.3	60.2	43.0	24.7	29.0	47.0	25.0	7.8	26	18	8.0	-1.3	SC	A-2-4	0
25	51	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	1	0	0.15	81.3	72.3	43.1	19.0	19.0	62.0	19.0	10.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	52				1	0.07	0.4	50.1	37.2	21.1	10.5	50.0	40.0	10.0	4.7	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GP-GM	A-2-4	0
26	53	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	1	0	0.6	68.4	60.7	45.7	23.2	32.0	45.0	23.0	5.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
					2	0.6	1.1	82.5	74.3	56.9	29.2	18.0	53.0	29.0	11.9	24	15	9.0	-0.3	SC	A-2-4	0
	54				1	0	0.4	72.8	66.7	52.1	29.0	27.0	44.0	29.0	6.9	29	20	9.0	-1.5	SC	A-2-4	0
	55				1	0	0.8	76.7	68.1	49.5	28.6	23.0	48.0	29.0	11.0	25	18	7.0	-1.0	SC-SM	A-2-4	0
27	56	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	1	0	1.5	73.9	63.8	48.2	26.2	26.0	48.0	26.0	5.6	34	16	18.0	-0.6	SC	A-2-6	0
	57				1	0	1.5	61.5	52.4	34.9	15.0	38.0	47.0	15.0	7.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	58				1	0.06	0.3	76.9	65.4	45.3	26.4	23.0	51.0	26.0	7.2	24	13	11.0	-0.5	SC	A-2-6	0
	59				1	0.07	0.3	77.4	66.6	49.4	27.7	23.0	50.0	28.0	6.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	60				1	0.07	0.3	79.3	69.1	52.8	26.6	21.0	53.0	27.0	10.1	27	12	15.0	-0.1	SC	A-2-6	0
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	1	0.12	0.35	67.4	57.6	40.8	25.9	33.0	41.0	26.0	6.4	23	17	6.0	-1.8	SC-SM	A-2-4	0
	66				1	0	0.55	76.8	65.8	42.2	23.4	23.0	53.0	23.0	9.0	58	11	47.0	0.0	SC	A-2-7	0
	67				1	0	0.35	65.5	54.7	37.3	21.6	35.0	44.0	22.0	4.7	24	17	7.0	-1.8	SC-SM	A-2-4	0
	68				1	0.11	0.55	90.4	86.0	55.2	24.1	10.0	66.0	24.0	5.7	24	14	10.0	-0.8	SC	A-2-4	0
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	1	0.08	0.55	71.5	68.9	59.7	43.3	29.0	28.0	43.0	10.0	32	11	21.0	0.0	GC	A-6	4
	70				1	0.06	0.3	64.0	54.3	35.7	20.8	36.0	43.0	21.0	12.0	32	12	20.0	0.0	SC	A-2-6	0
34	72	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	1	0.15	1.5	87.7	81.1	66.5	43.9	12.0	44.0	44.0	16.4	35	15	20.0	0.1	SC	A-6	4
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	1	0.06	0.5	21.0	19.4	17.4	15.8	79.0	5.0	16.0	22.1	43	19	24.0	0.1	GC	A-2-7	0
	74				1	0.08	0.5	62.5	49.5	28.9	15.5	37.0	47.0	15.0	2.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	75				1	0.05	0.45	55.7	39.2	20.6	11.7	44.0	44.0	12.0	2.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	GP-GM	A-2-4	0
	76				1	0.05	0.75	59.5	43.0	23.4	13.5	40.0	46.0	13.0	1.8	22	11	11.0	-0.8	SC	A-2-6	0
	77				1	0.04	0.4	54.5	50.0	37.3	17.2	46.0	37.0	17.0	3.9	24	13	11.0	-0.8	GC	A-2-6	0
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	1	0	0.65	90.6	89.3	80.8	51.5	9.0	39.0	51.0	11.2	20	10	10.0	0.1	CL	A-4	2
	79				1	0.06	0.35	81.0	67.5	43.6	26.7	19.0	54.0	27.0	2.0	21	11	10.0	-0.9	SC	A-2-4	0
37	81	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	1	0.07	0.4	39.1	29.6	20.1	12.6	61.0	26.0	13.0	3.8	22	14	8.0	-1.3	GC	A-2-4	0
39	82		9		1	0.06	0.35	58.3	44.8	28.7	18.0	42.0	40.0	18.0	3.4	27	15	12.0	-1.0	GC	A-2-6	0

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

T	LOCALIZACIÓN				MUESTRA			GRANULOMETRIA %PASA TAMIZ							HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN		
	No. Apique	DIRECCION	COMUNA	BARRIO				No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	% Grava	% Arena	% Fino		LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO GRUPO	AASHTO IG
					No.	De (m)	Hasta (m)	INVE-123-13 y/o INVE-213-13 y/o INVE-214-13							INVE-122-13	INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	INVE-180-13	
	83	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145		LAS AMERICAS	1	0.06	0.7	57.7	40.4	20.8	8.6	42.0	49.0	9.0	3.6	27	16	15.0	-0.6	SW-SC	A-2-6	0
	84				1	0.07	1.5	88.1	80.8	65.2	46.3	12.0	42.0	46.0	5.8	23	16	16.0	-0.6	SC	A-6	4
	85				1	0.07	0.5	67.4	55.4	37.8	24.7	33.0	43.0	25.0	3.1	31	18	13.0	-1.1	SC	A-2-6	0
	86				1	0.07	0.5	71.5	58.4	40.9	27.8	28.0	44.0	28.0	6.0	35	14	21.0	-0.4	DC	A-2-6	0
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	1	0.1	0.4	72.1	66.6	55.5	42.0	28.0	30.0	42.0	28.7	40	24	16.0	0.3	SC	A-6	3
	88				1	0.06	0.4	83.6	72.5	58.2	36.9	16.0	47.0	37.0	9.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
41	89	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	1	0	0.35	96.8	95.7	88.6	64.5	3.0	32.0	65.0	15.9	44	11	33.0	0.1	CL	A-7-5	18
					2	0.35	1.5	79.5	76.0	63.9	34.8	21.0	45.0	35.0	16.8	44	18	16.0	-0.1	SC	A-2-6	1
42	91	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	1	0.07	0.45	62.9	47.0	27.1	16.2	37.0	47.0	16.0	3.1	21	16	5.0	-2.6	SC-SM	A-2-4	0
					2	0.45	1.5	75.8	73.4	63.6	47.9	24.0	28.0	48.0	34.4	45	23	22.0	0.5	SC	A-7-5	7
	92				1	0.05	1.5	85.8	68.2	44.8	26.0	14.0	60.0	26.0	7.2	30	13	17.0	-0.3	SC	A-2-6	0
	93				1	0.05	0.5	65.0	49.1	26.0	13.5	35.0	51.0	14.0	3.5	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
					2	0.5	1.5	65.0	55.4	45.4	30.6	35.0	34.0	31.0	10.8	34	14	20.0	-0.2	GC	A-2-6	1
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9		1	0.08	0.55	59.6	49.0	25.3	13.1	40.0	46.0	13.0	6.4	25	16	9.0	-1.1	SC	A-2-4	0
					2	0.55	1	72.1	62.4	37.8	20.9	28.0	51.0	21.0	8.2	27	15	12.0	-0.6	SC	A-2-6	0
	95				1	0.08	0.65	73.3	61.3	34.3	16.1	27.0	57.0	16.0	8.4	25	18	7.0	-1.4	SC-SM	A-2-4	0
					2	0.65	1.5	78.6	68.9	46.4	27.8	21.0	51.0	28.0	13.4	27	20	7.0	-0.9	SC	A-2-4	0
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	1	0.08	0.8	63.1	48.1	23.7	14.9	37.0	48.0	15.0	3.3	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
46	98	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	1	0	1.5	73.6	63.7	47.9	27.4	26.0	46.0	27.0	9.2	33	14	19.0	-0.3	SC	A-2-6	0
	100				1	0	0.4	80.2	73.3	70.6	48.9	20.0	31.0	49.0	22.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-4	0
	101				1	0.06	0.5	69.4	57.3	34.2	14.3	31.0	55.0	14.0	4.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
47	102	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	1	0.18	1.5	69.1	59.1	42.2	26.2	31.0	43.0	26.0	8.7	29	15	14.0	-0.5	SC	A-2-6	0
	103				1	0	0.5	75.8	70.7	63.4	58.3	24.0	17.0	58.0	3.6	45	22	23.0	-0.8	CL	A-7-5	11
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	1	0.1	0.45	71.7	60.1	40.9	28.5	28.0	43.0	29.0	5.3	25	13	12.0	-0.6	SC	A-2-6	0
	105				1	0.08	0.6	70.8	58.2	34.5	15.9	29.0	55.0	16.0	4.7	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	106				1	0.1	0.65	76.9	66.0	41.7	23.8	23.0	53.0	24.0	5.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	1	0	0.7	85.7	77.9	63.1	48.2	14.0	37.0	48.0	11.6	32	12	20.0	0.0	SC	A-6	5
	108				1	0.12	0.6	53.9	43.3	31.1	17.9	46.0	36.0	18.0	8.5	32	16	16.0	-0.5	GC	A-2-6	0
					2	0.6	1.5	82.5	67.1	44.5	29.9	17.0	53.0	30.0	7.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	1	0	0.55	66.0	57.7	44.2	26.4	34.0	40.0	26.0	11.9	30	14	16.0	-0.1			
	110				1	0	1.5	65.2	51.5	30.7	17.0	35.0	48.0	17.0	3.2	24	16	8.0	-1.6	SC	A-2-4	0
	111				2	0	1.5	74.5	59.5	34.2	17.1	26.0	57.0	17.0	5.0	27	16	11.0	-1.0	SC	A-2-6	0
	112				1	0.04	0.4	64.0	56.9	51.9	25.2	36.0	39.0	25.0	16.0	84	23	61.0	-0.1	SC	A-2-7	1
	113				1	0	0.3	82.9	76.0	55.6	31.8	17.0	51.0	32.0	12.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	114				1	0	1.5	66.6	52.4	30.3	14.3	33.0	52.0	14.0	3.3	23	19	4.0	-3.9	SC-SM	A-2-4	0
	115				1	0	0.75	82.6	66.5	37.1	15.9	17.0	67.0	16.0	5.1	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
52	116	AVENIDA MIROLINDO ENTRE CLL 80 Y CLL 60	4		1	0.3	1.35	72.5	66.2	56.2	33.2	28.0	39.0	33.0	21.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	117				1	0.45	1.5	64.0	49.4	32.1	17.9	36.0	46.0	18.0	5.8	32	15	17.0	-0.5	SC	A-2-6	0
	118				1	0.2	0.4	74.0	51.8	22.8	10.4	26.0	64.0	10.0	2.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SP-SM	A-2-4	0
					2	0.4	1.2	75.1	63.6	44.9	24.9	25.0	50.0	25.0	8.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	119				1	0.28	1.5	56.8	43.4	28.1	16.1	43.0	41.0	16.0	6.2	26	17	9.0	-1.2	GC	A-2-4	0
	120				1	0.2	0.5	67.6	63.3	52.3	31.3	32.0	36.0	31.0	20.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
					2	0.5	1.5	67.8	51.9	32.9	19.0	32.0	49.0	19.0	6.6	29	17	12.0	-0.9	SC	A-2-6	0
53	121	AVENIDA GUABINAL ENTRE CLL 15 Y CLL 19	3		1	0.25	0.38	72.4	66.3	51.5	22.0	28.0	50.0	22.0	5.4	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	122				1	0.25	0.45	74.1	67.5	51.2	21.0	26.0	53.0	21.0	18.0	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
54	123	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	1	0.07	0.35	70.6	58.2	39.7	22.9	29.0	48.0	23.0	8.2	24	16	8.0	-1.0	SC	A-2-4	0
55	125	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 Y 69	5	EDÉN	1	0.09	0.9	61.5	46.5	24.5	14.5	39.0	47.0	14.0	3.7	26	17	9.0	-1.5	SC	A-2-4	0
	126				1	0	1.5	71.0	59.0	37.7	20.6	29.0	21.0	50.0	14.2	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
	127				1	0.1	1.5	90.7	76.7	71.2	42.6	9.0	48.0	43.0	46.2	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM	A-2-4	0
56	128	CLL 83 ENTRE KRA 11A Y KRA 11	6	URB PEDREGAL	1	0.1	0.35	76.6	66.4	30.4	11.1	23.0	66.0	11.0	3.8	N.P.	N.P.	N.P.	0.0	SM-SP	A-2-4	0
57	129	KRA 12 ENTRE CLL 94 Y CLL 94B	6	URB ANTARES III	1	0	0.35	79.7	71.1	50.8	36.3	20.0	43.0	36.0	11.2	36	20	16.0	-0.6	SC	A-6	2
	130				1	0.15	0.8	77.8	71.8	60.8	45.4	22.0	32.0	45.0	24.9	42	27	15.0	-0.1	SM	A-7-5	4

Los resultados de laboratorio y la tabla resumen se presentan en el **Anexo III: Resultados de laboratorio.**

5.3. Nivel freático

No se encontró nivel freático en las exploraciones geotécnicas realizadas.

5.4. Redes de servicios públicos

Se encontraron algunas redes de servicios públicos a profundidades entre 70 cm y 120 cm, en los apiques 24, 30 y 93, correspondiente a los siguientes segmentos:

- MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68.
- CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10.
- CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

6. ANALISIS DE LA SUBRASANTE

Para analizar la subrasante se toma como referencia el resultado de trabajos desarrollados en la campaña de laboratorio de los resultados obtenidos en los apiques y sondeos desarrollados por SAICON SAS en la especialidad de Geotecnia. Todos los resultados de los ensayos se presentan en el **Anexo III: Resultados de laboratorio.**

ANALIS DE COMPOSICIÓN: En cuanto a la composición de los suelos de subrasante, a continuación, se presenta de forma gráfica los porcentajes de gravas, arenas y finos (limos y arcillas) de acuerdo con los resultados de granulometría en diferentes comunas de Ibagué. Se presentan características variables en contenidos de materiales, pero predominan los suelos finos tipo limos y arcillas donde el contenido de finos es superior al 47% y suelos arenosos con presencia de gravas en un porcentaje del 42%:

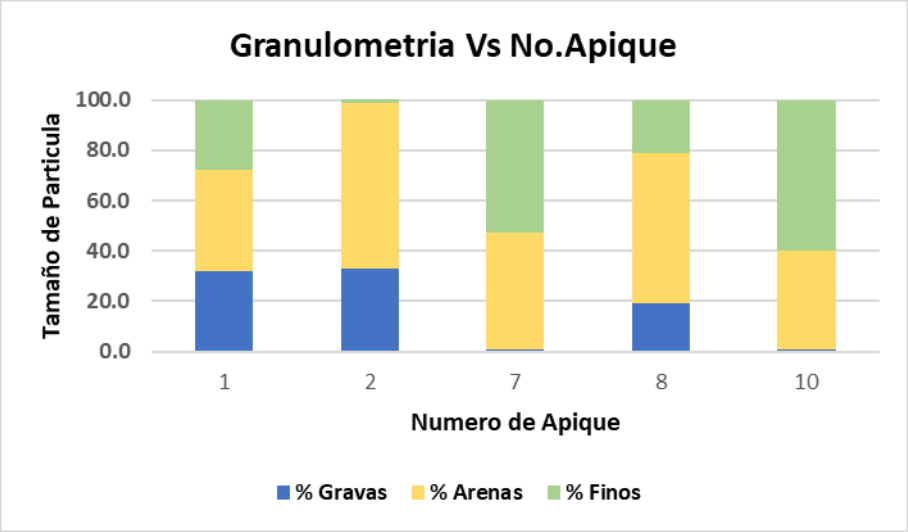


Figura 12. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 1.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

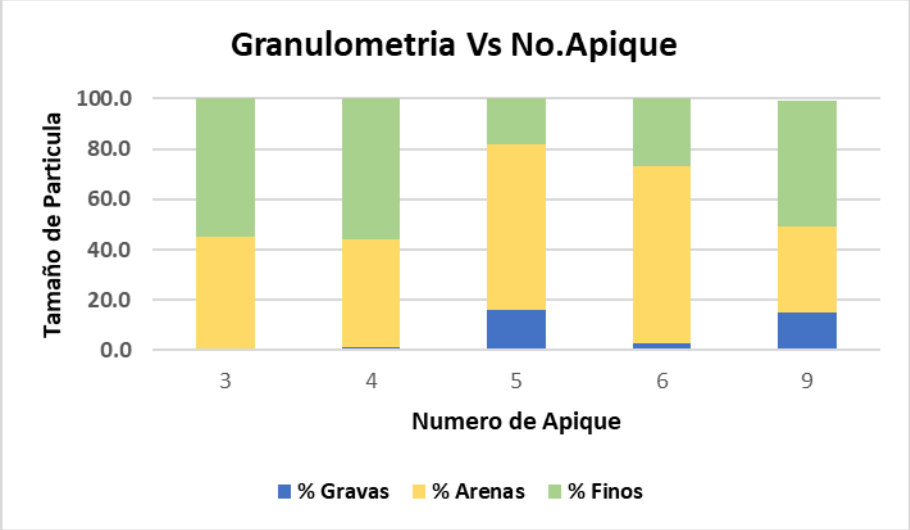


Figura 13. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 2.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

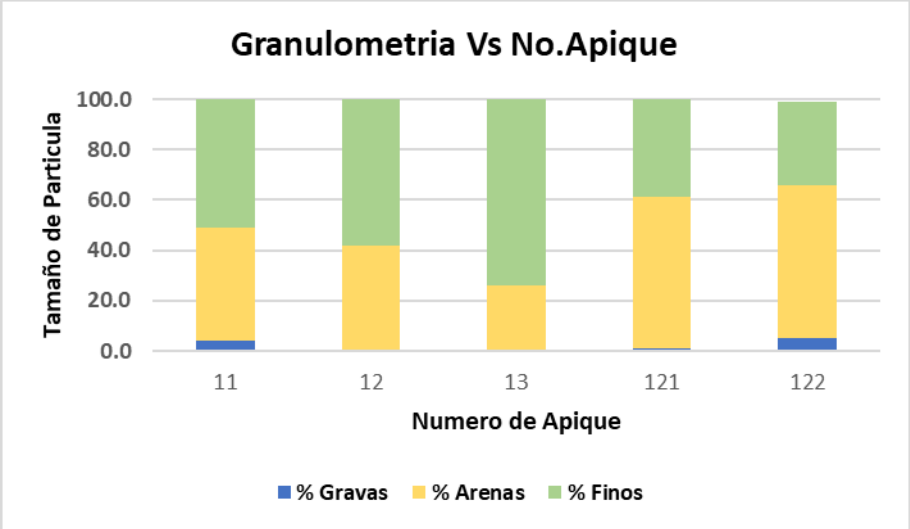


Figura 14. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 3.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

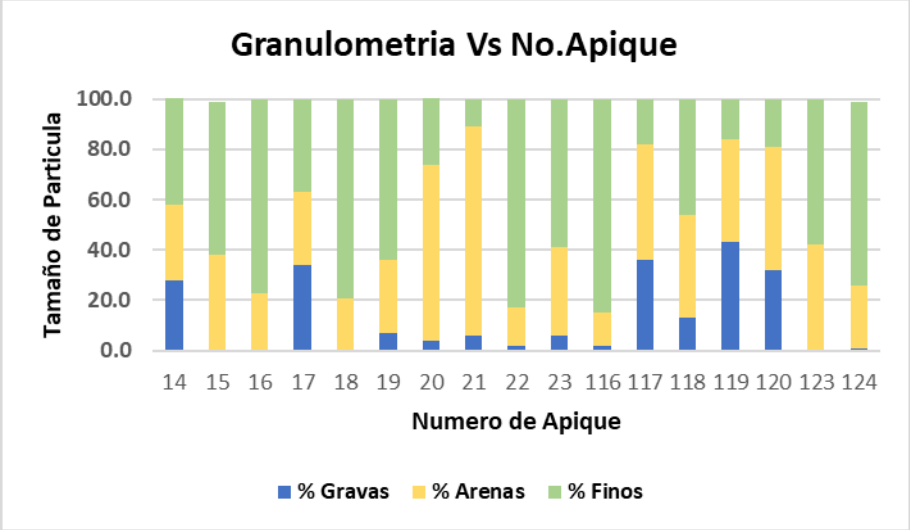


Figura 15. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 4.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

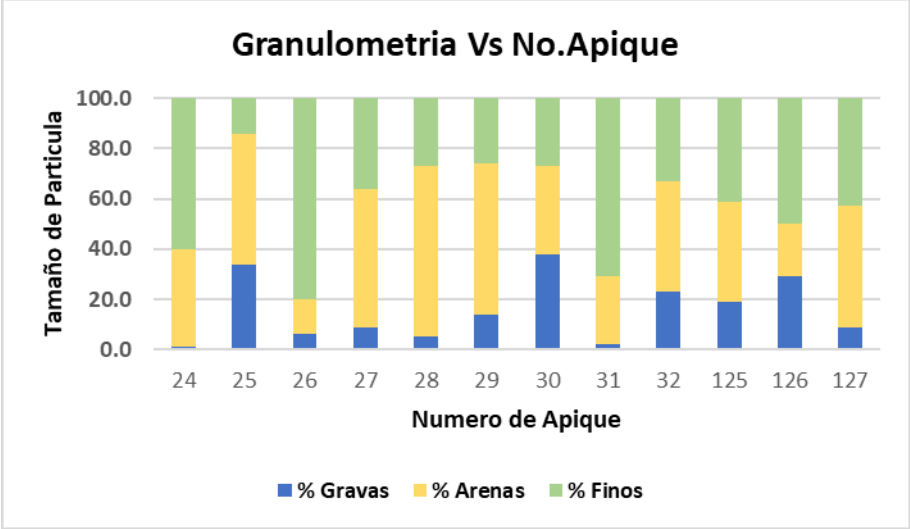


Figura 16. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 5.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

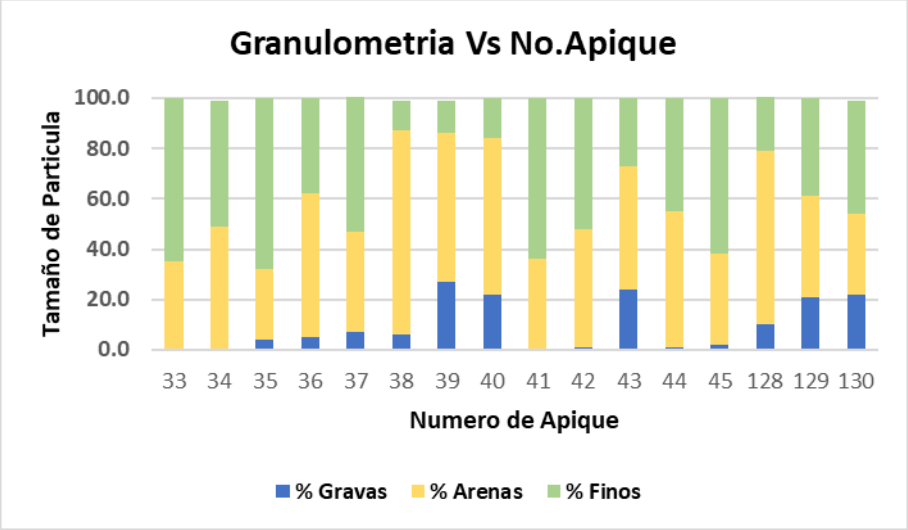


Figura 17. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 6.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

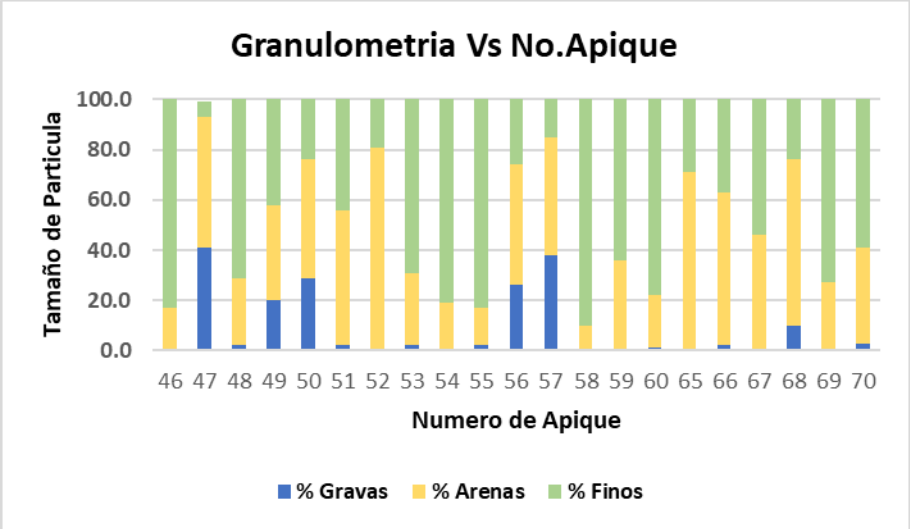


Figura 18. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 7.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

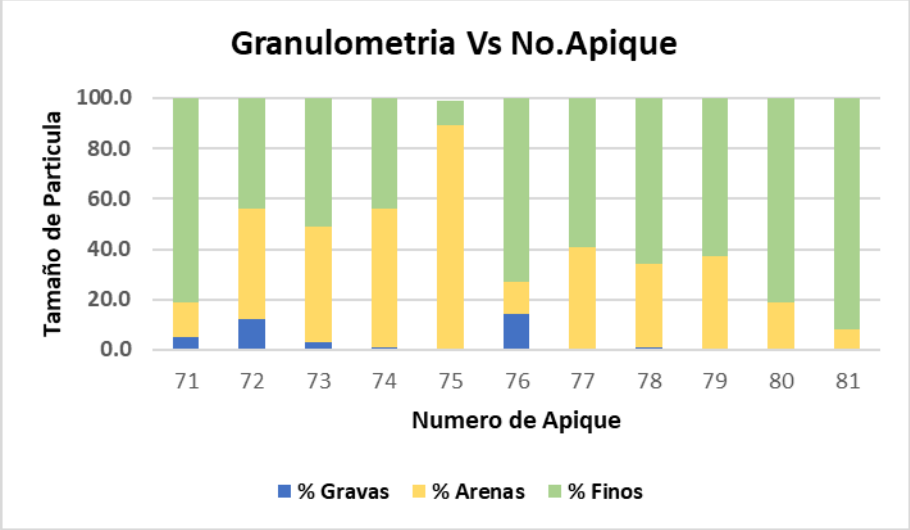


Figura 19. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 8.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

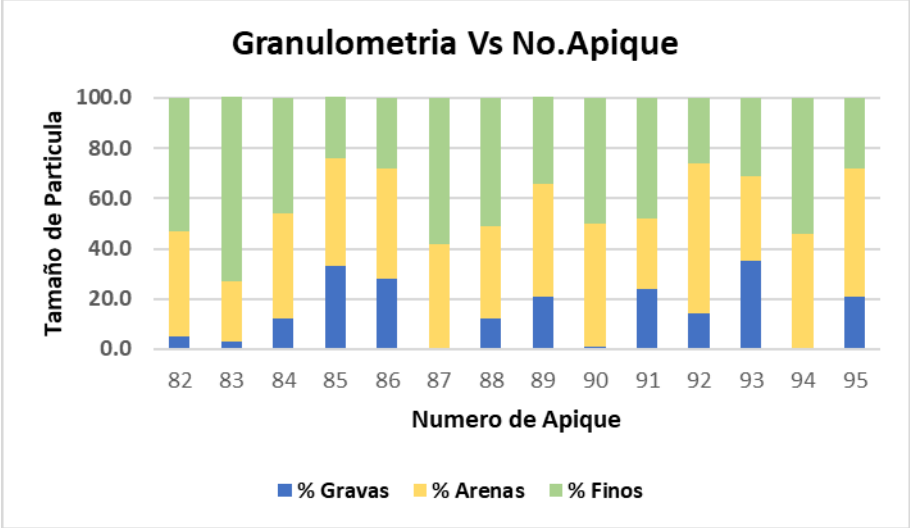


Figura 20. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 9.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

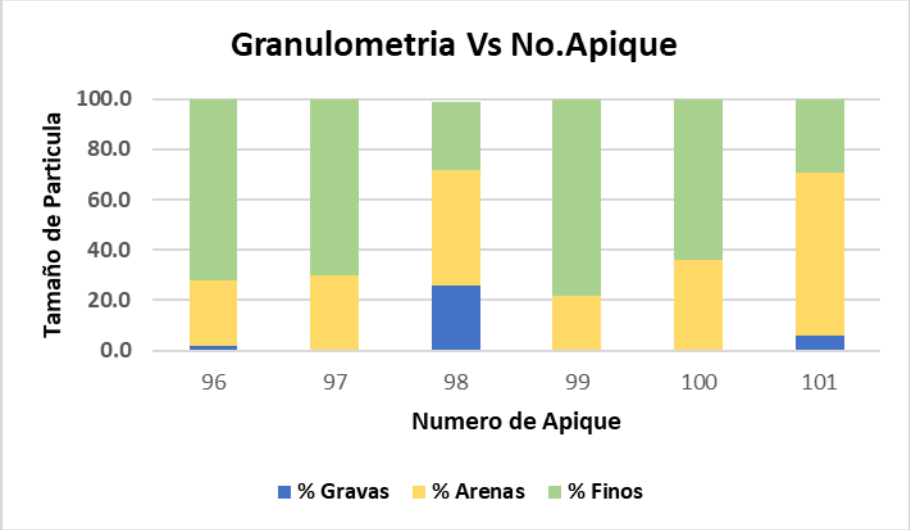


Figura 21. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 10.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

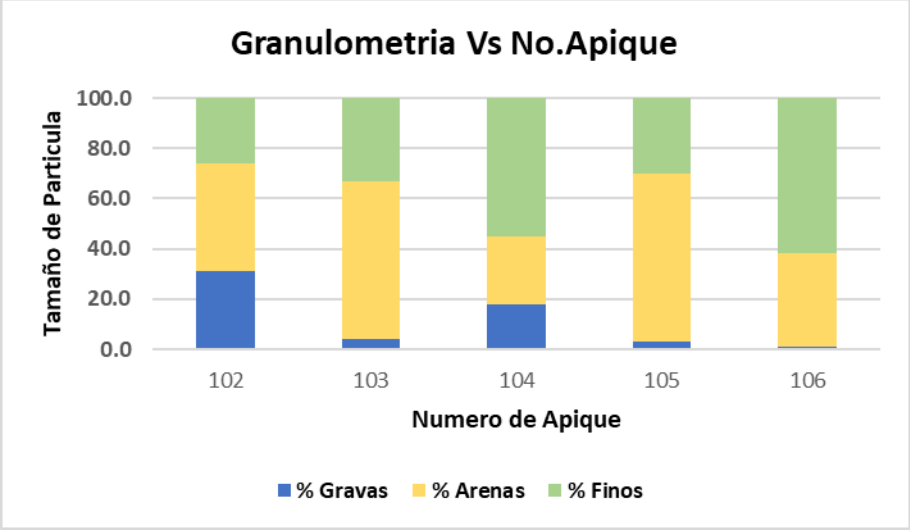


Figura 22. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 11.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

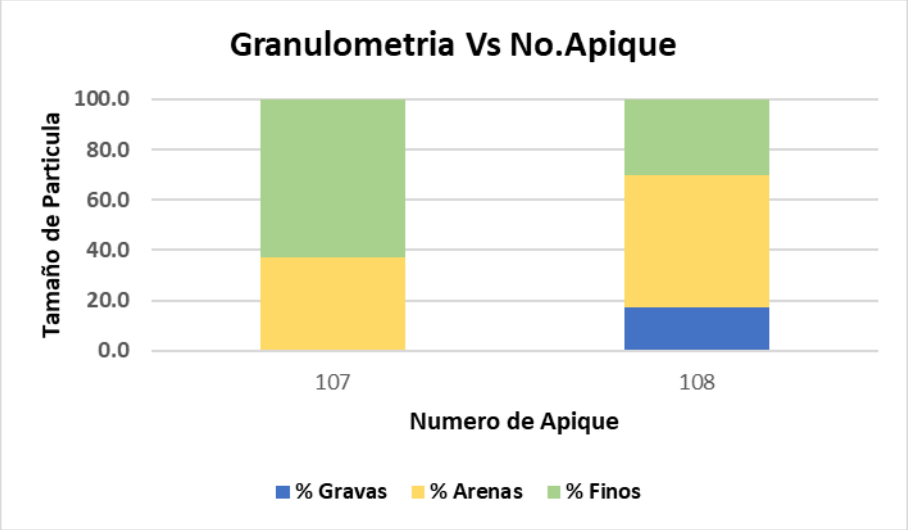


Figura 23. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 12.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

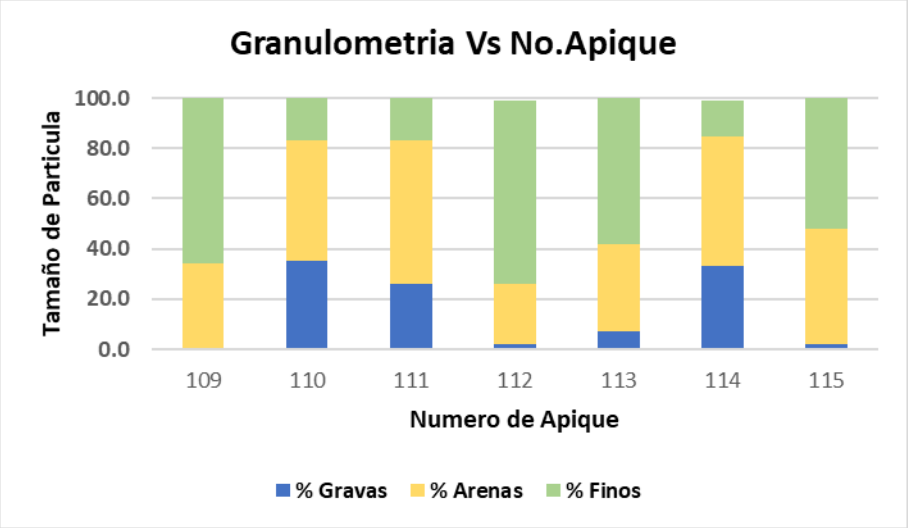


Figura 24. Granulometría de materiales constituyentes de la subrasante de la Comuna 13.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Al analizar el comportamiento del suelo que compone la subrasante se pueden hacer las siguientes inferencias, la variación de la humedad natural se tiene que los valores varían entre 3% y 53%.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

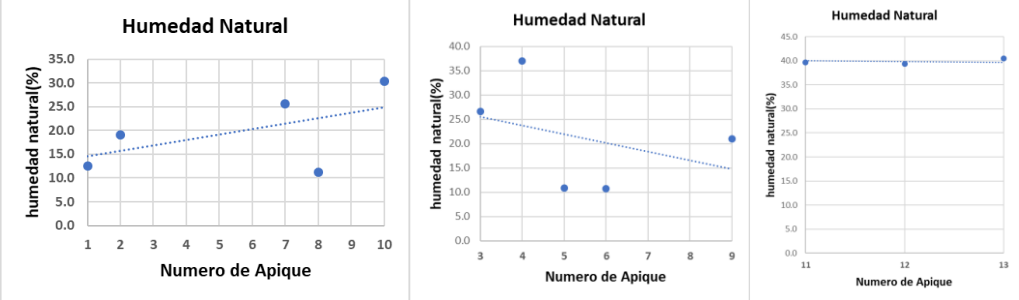


Figura 25. Humedad natural de materiales constituyentes de la subrasante comunas 1, 2 y 3.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

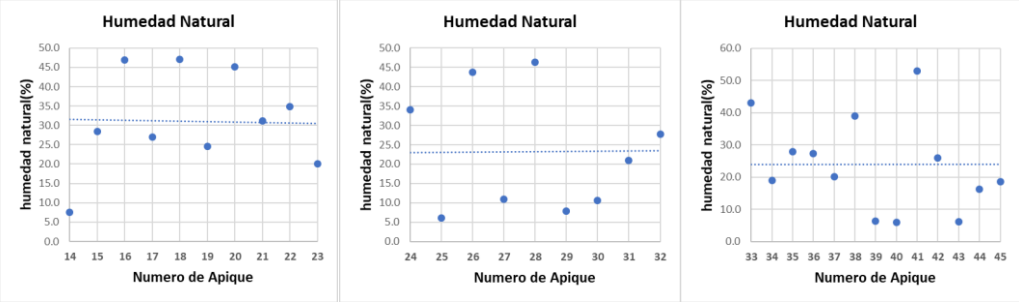


Figura 26. Humedad natural de materiales constituyentes de la subrasante comunas 4, 5 y 6.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

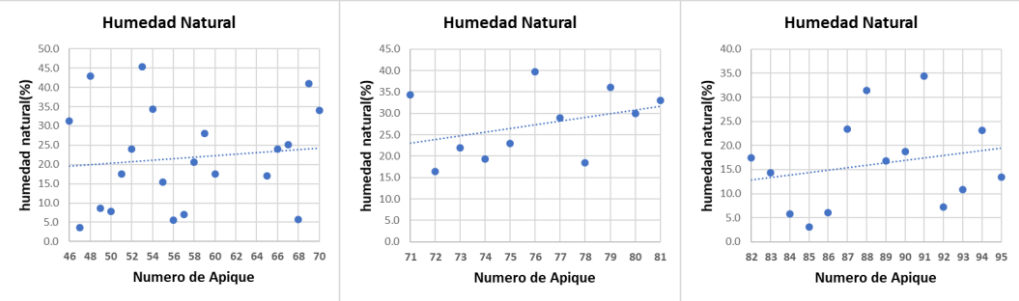


Figura 27. Humedad natural de materiales constituyentes de la subrasante comunas 7, 8 y 9.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

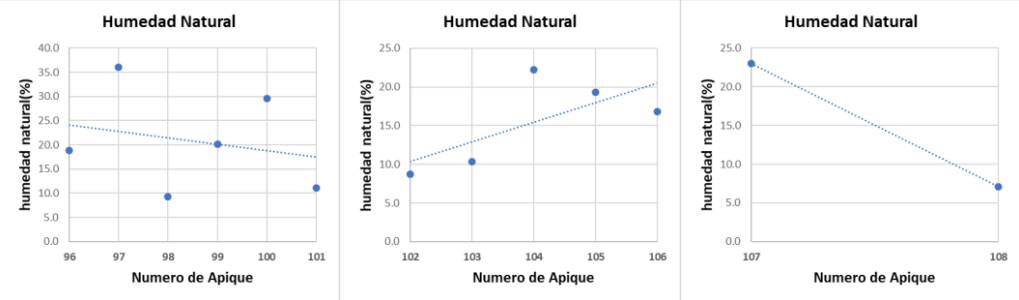


Figura 28. Humedad natural de materiales constituyentes de la subrasante comunas 10, 11 y 12.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

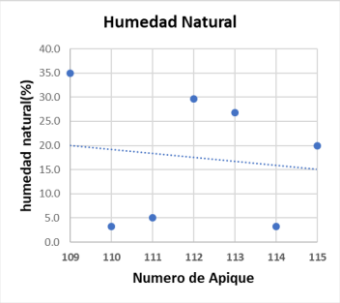


Figura 29. Humedad natural de materiales constituyentes de la subrasante comunas 13.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

LIMITE LIQUIDO: Al analizar el comportamiento del suelo que compone la subrasante se pueden hacer las siguientes inferencias, la variación de la humedad natural se tiene que los valores varían entre NP y 98%, tal como se muestra a continuación.

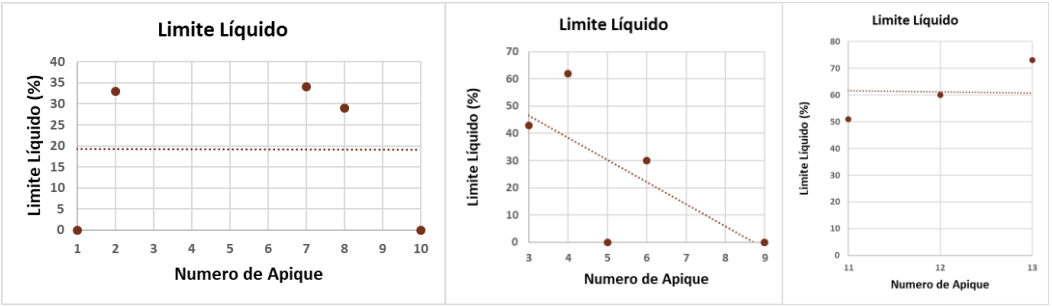


Figura 30. Límite liquido de materiales constituyentes de la subrasante comunas 1, 2 y 3.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

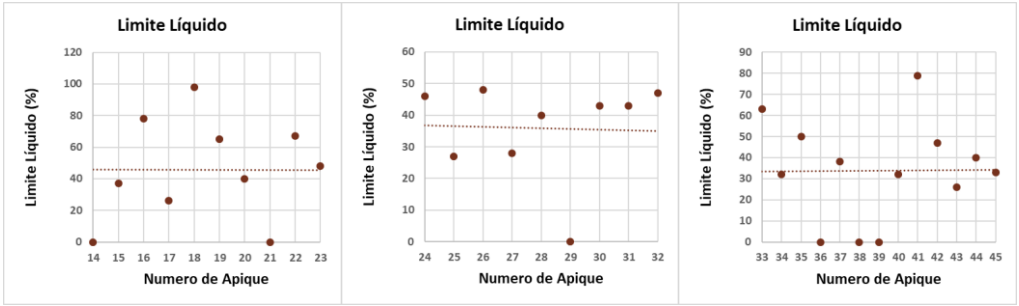


Figura 31. Límite liquido de materiales constituyentes de la subrasante comunas 4, 5 y 6.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

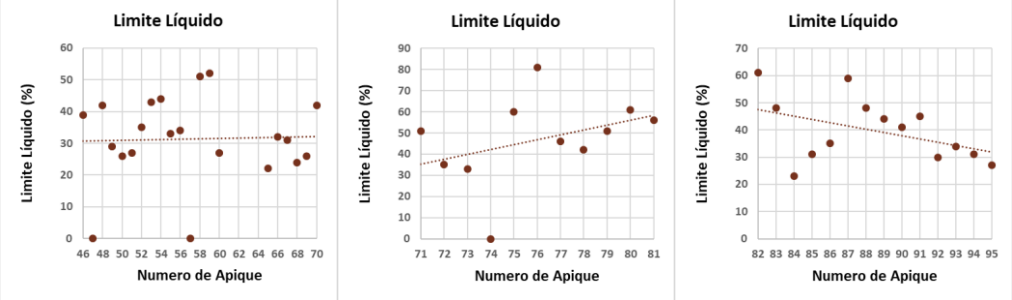


Figura 32. Límite liquido de materiales constituyentes de la subrasante comunas 7, 8 y 9.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

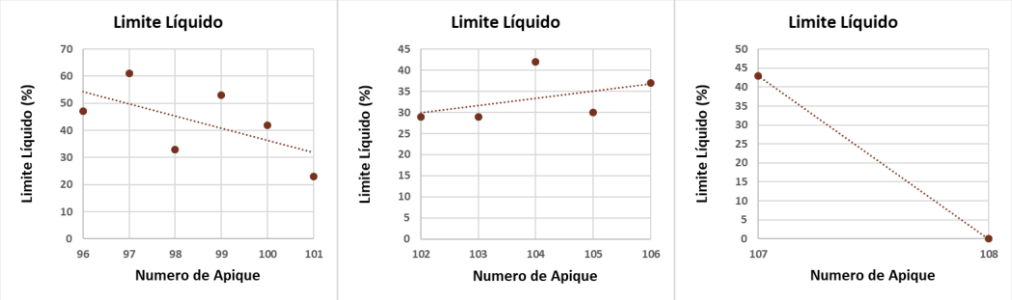


Figura 33. Límite liquido de materiales constituyentes de la subrasante comunas 10, 11 y 12.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

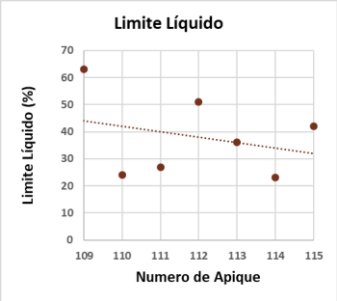


Figura 34. Límite liquido de materiales constituyentes de la subrasante comunas 13.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

LIMITE LIQUIDO: Al analizar el comportamiento del suelo que compone la subrasante se pueden hacer las siguientes inferencias, la variación de la humedad natural se tiene que los valores varían entre NP y 48%, tal como se muestra a continuación.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

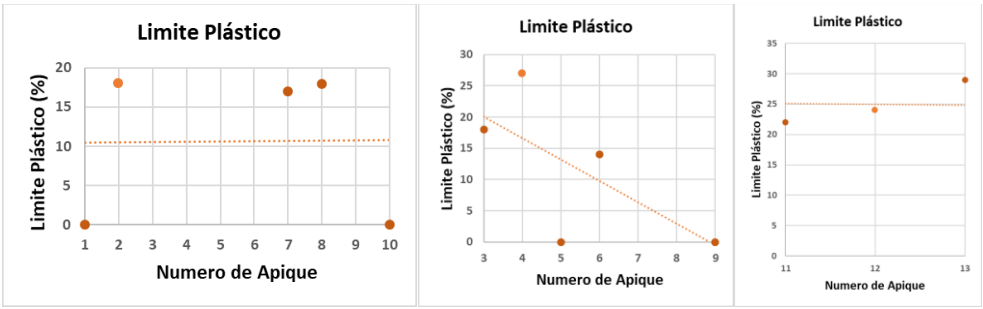


Figura 35. Límite plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 1, 2 y 3.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

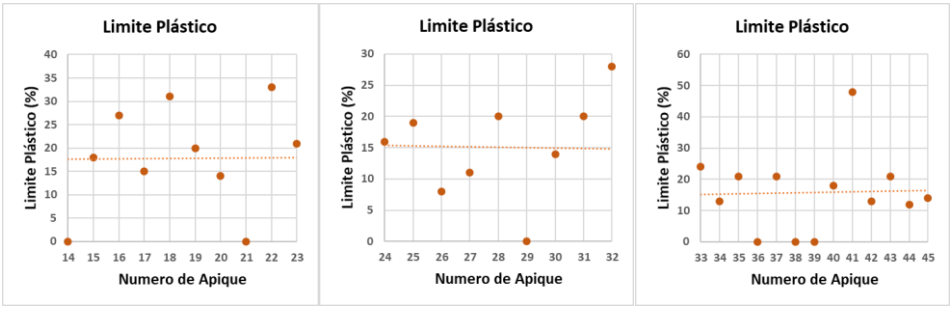


Figura 36. Límite plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 4, 5 y 6.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

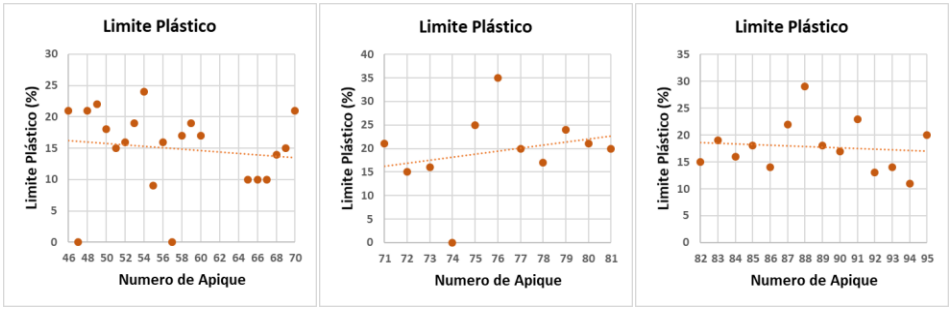


Figura 37. Límite plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 7, 8 y 9.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

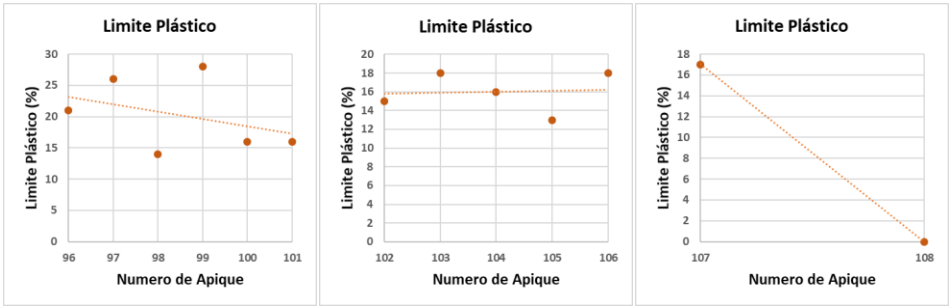


Figura 38. Límite plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 10, 11 y 12.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

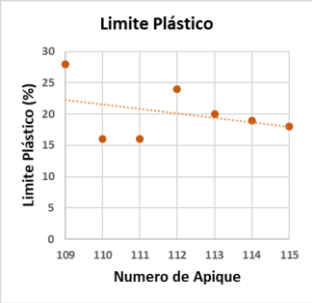


Figura 39. Límite plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 13.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

ÍNDICE PLASTICO: Al analizar el comportamiento del suelo que compone la subrasante se pueden hacer las siguientes inferencias, la variación de la humedad natural se tiene que los valores varían entre NP y 67%, tal como se muestra a continuación.

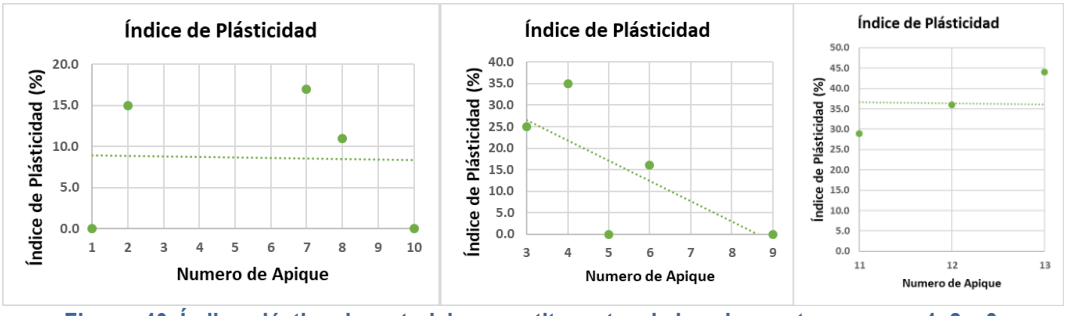


Figura 40. Índice plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 1, 2 y 3.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

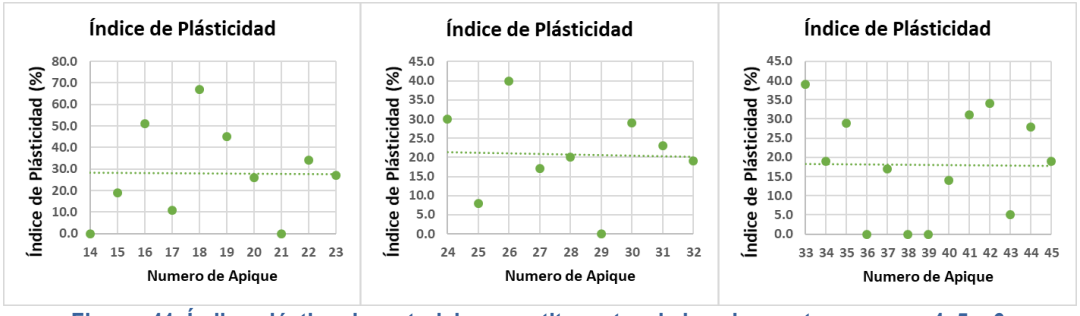


Figura 41. Índice plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 4, 5 y 6.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

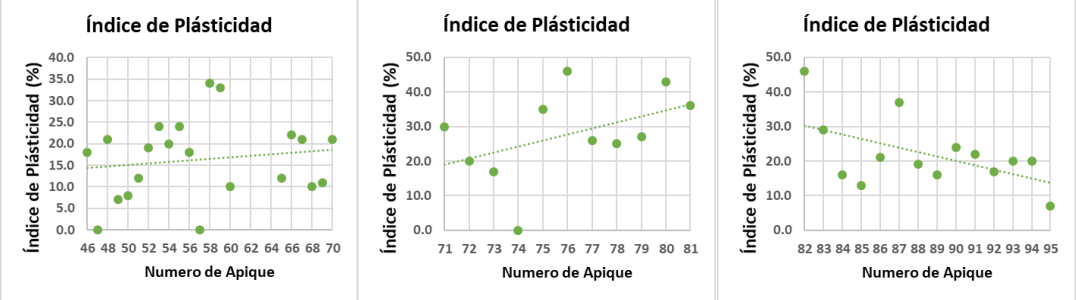


Figura 42. Índice plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 7, 8 y 9.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

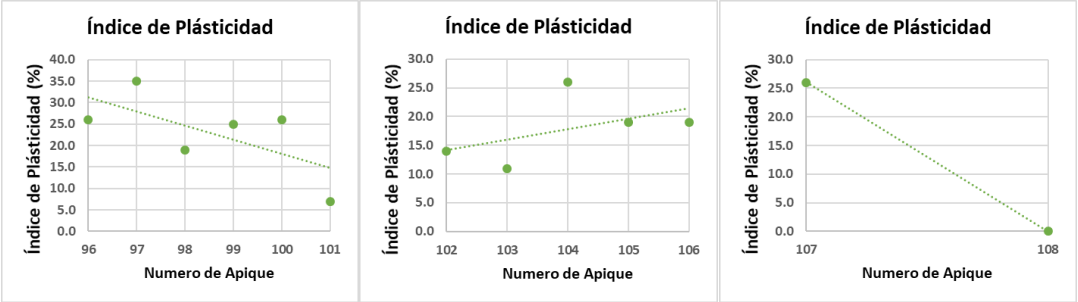


Figura 43. Índice plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 10, 11 y 12.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

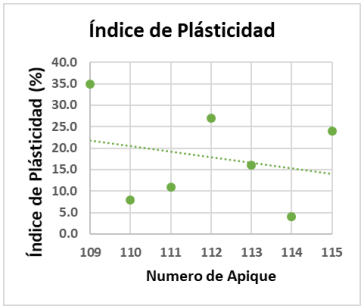


Figura 44. Índice plástico de materiales constituyentes de la subrasante comunas 13.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

INDICE DE LIQUIDEZ: Para el Índice de Liquidez se tiene que este varía entre 0.27 y -0.76, con lo cual se infiere una tendencia a encontrar suelos sobre consolidados y dado que no se presentan índices de liquidez superiores a 1 se descarta la existencia de suelos altamente sensitivos susceptibles a remoldearse. La variación del índice de liquidez con la profundidad se presenta en la siguiente ilustración; se puede inferir que se encuentran suelos poseen una consistencia muy duro, duro y consistencia media.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

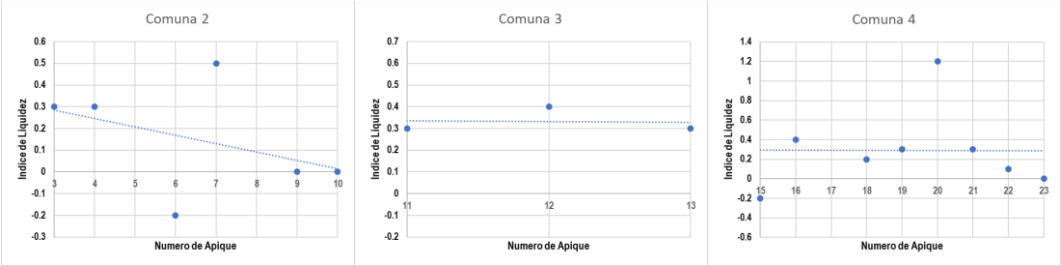


Figura 45. Índice de Liquidez de suelos de suelos de subrasante comunas 2, 3 y 4

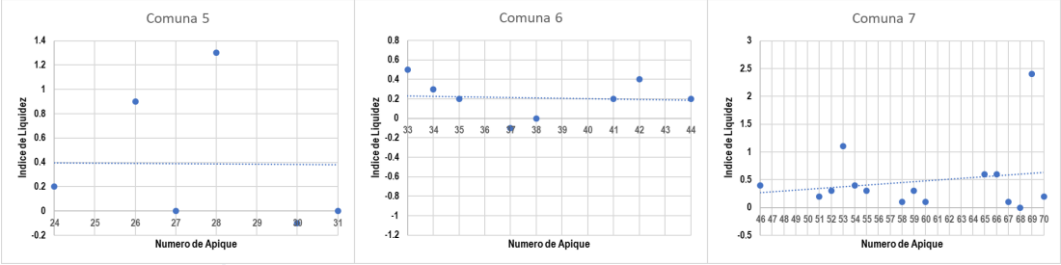


Figura 46. Índice de Liquidez de suelos de suelos de subrasante comunas 5, 6 y 7

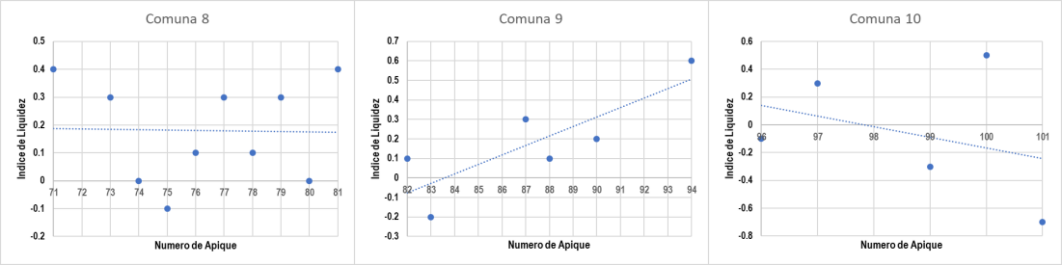


Figura 47. Índice de Liquidez de suelos de suelos de subrasante comunas 8, 9 y 10

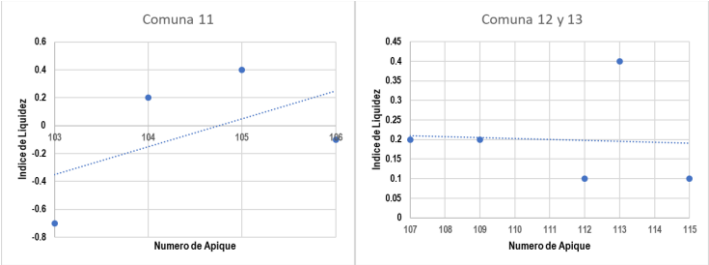


Figura 48. Índice de Liquidez de suelos de suelos de subrasante comunas 11, 12 y 13

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Valor del I_L	Consistencia
1,0–0,8	Muy blando
0,8-0,65	Blando
0,65-0,4	Consistencia media
0,4-0,25	Duros
<0,25	Muy duros

Figura 49. Interpretación del Índice de liquidez de materiales.

FUENTE: BRAJA DAS.

Para el Índice de Liquidez (IL) en la ilustración, se observa que se presentan valores heterogéneos con la profundidad, partiendo de valores que oscilan entre -3.9 y 2.4 que obedecen a suelos en todo el rango de consistencia, dado el contenido de humedad (wn) es menor que al límite plástico (LP) en la mayoría de muestras recuperadas, se trata de suelos sobreconsolidados. Para los suelos con índices de liquidez que categoricen como suelos blandos y muy blandos, se tendrá un comportamiento mecánico Malo a Aceptable y una capacidad de drenaje baja, casi impermeable por lo que se debe pensar en una apropiada red de drenaje superficial y subsuperficial, para soportar la construcción de obras de infraestructura, se recomienda la realización de un mejoramiento en el nivel de cimentación antes de la colocación de la cimentación de las estructuras.

Al igual que los límites LL y LP, hay un estrato donde el IP cambia, los valores en general para el índice de plasticidad se encuentran superiores a 0% hasta alcanzar valores de 56%, tomando como referencia la Tabla 8 clasifica como una Plasticidad Baja a Alta.

Tabla 8. Plasticidad de la subrasante.

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15-30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

En cuanto a la clasificación de los suelos en la carta de plasticidad de Casagrande se obtiene lo siguiente:

En cuanto a la plasticidad de los materiales se tiene una notable variación desde arcillas de baja plasticidad hasta arcillas de alta plasticidad. Se considera que la alta presencia de esta matriz en la composición de los rellenos, tiene gran incidencia en el comportamiento físico y mecánico del suelo de fundación del pavimento. Por tal motivo, en cada caso se proponen alternativas de mejoramiento que dan lugar a estabilizar los suelos con potencial de falla por capacidad de soporte.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

6.1. Resistencia mecánica

En el caso de proyectos de diseño y/o construcción, el módulo de la subrasante característico adoptado para el diseño, deberá ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California (CBR, norma de ensayo INV E-148).

De acuerdo con lo anunciado, se toman los valores de CBR inalterados tomados de estudios y exploraciones existentes y los ejecutados por SAICON SAS, tal como se presenta a continuación:

Tabla 9. Resultados de resistencia mecánica a nivel de subrasante.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MUESTRA			CBR (%)							
							PDC			INALTERADO				
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO				NÚMERO DINÁMICO (mm/golpe)	Correlación empleada	CBR (%)	Natural		Sumergido		Expansión (%)
				No.	De (m)	Hasta (m)	INVE-172-13			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	BELEN	2	0,35	1,5	35,0	MOPT	3,9	6,4	5,1	4,4	4	0,03
	4			2	0,4	1,5	18,6	MOPT	9,5	12,9	10,4	7,2	6,9	0,03
3	6	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	20 DE JULIO	2	1,2	1,5	23,3	MOPT	6,9					
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	ALASKA	1	0,15	0,7	n.a.	n.a.						
				2	0,7	1,5	34,3	MOPT	4,0	12	8,7	3,9	4	0,19
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	ANCON	1	0,25	1,5	23,2	MOPT	7,0					
	10			1	0,25	1,5	21,3	MOPT	7,8					
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	SAN SIMÓN	1	0,15	1,1	51,4	MOPT	2,3	1,6	2,2	1,3	1,1	0,05
				2	1,1	1,5	30,5	MOPT	4,7					
	12			1	0,15	1,5	31,7	MOPT	4,5	6,3	5,6	3,9	3,9	0,1
	13			1	0,13	1,5	16,7	MOPT	11,0	12,4	10,8	3,7	4,3	0,09
8	15	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	LIMONAR 5 SECTOR	2	0,35	0,7	n.a.	n.a.						
				3	0,7	1,5	48,3	MOPT	2,5					
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	GAITAN	1	0,2	1,5	20,5	MOPT	8,3	8,9	8,9	2,4	2,9	0,1
	18			1	0,2	1,5	27,1	MOPT	5,6					
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	RESTREPO	1	0,21	0,95	20,0	MOPT	8,6	5,9	5,4	3,7	3,4	0,19
				2	0,95	1,5	12,1	MOPT	17,2					
	20			2	0,55	1,5	11,8	MOPT	17,9					
	21			1	0,15	0,8	45,0	MOPT	2,7	8	6,3	2,7	3	0,07
				2	0,8	1,5	20,0	MOPT	8,6					
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	SAN LUIS Y CASTILLA	2	0,2	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	23			2	0,25	1,5	33,3	MOPT	4,2	8,5	6,9	5,8	5,2	0,24
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	1	0,1	0,6	n.a	n.a.		1,9	1,7	1,5	1,3	0,2
				2	0,6	1,5	60,0	MOPT	1,8					
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	EDÉN	2	0,8	1,5	19,7	MOPT	8,7					
	27			2	0,8	1,5	28,3	MOPT	5,3					
	28			2	0,5	1,5	64,3	MOPT	1,7					
15	30	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	JORDÁN 7 ET	2	0,8	1,5	n.a	n.a.						
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	3	0,8	1,5	12,8	MOPT	16,0					
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	SAN FRANCISCO	2	0,4	1,5	20,0	MOPT	8,6	4,9	5,5	4,3	5,2	0,19
	34			2	0,5	1,5	40,0	MOPT	3,2	9	7,6	8,1	7,4	0,17
	35			2	0,45	1,5	19,0	MOPT	9,2	10,7	8,9	0,7	0,8	0,21
18	37	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	LOS ANGELES	2	0,65	1,5	90,0	MOPT	1,0					
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	SAN ANTONIO	2	0,8	1,5	23,3	MOPT	6,9					
	41			2	0,45	1,5	57,1	MOPT	2,0	7,9	6,6	5,3	4,7	0,17
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0,6	1,5	36,0	MOPT	3,8	10	8,1	4,9	4,7	0,11
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0,5	1,5	20,0	MOPT	8,6	6,5	6,1	1,6	2	0,19
22	46	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	SAN LUIS GONZAGA	2	0,6	1	26,0	MOPT	5,9	9,4	9,4	2,3	3,1	0,19
				3	1	1,5	21,4	MOPT	7,8					
	48			2	0,45	0,95	15,5	MOPT	12,2	15	15,6	6,1	6,5	0,08
				3	0,95	1,5	21,5	MOPT	7,7					
25	51	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	CEIBA NORTE	2	0,22	1,5	32,0	MOPT	4,4	5,2	5,3	4,2	4,8	0,12
	52			2	0,4	0,8	26,0	MOPT	5,9	6,4	6,7	2,3	2,4	0,11
				3	0,8	1,5	10,0	MOPT	22,6					
26	53	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	SAN LUCAS 1	3	1,1	1,5	20,0	MOPT	8,6					
	54			2	0,4	1	17,9	MOPT	10,0					
				3	1	1,5	15,2	MOPT	12,6					
	55			2	0,8	1,5	30,0	MOPT	4,8	5,7	5,6	2,5	3	0,32
27	58	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	PALO GRANDE	2	0,3	1,5	13,3	MOPT	15,1	13,5	10,3	2,6	2,8	0,86
	59			2	0,3	1,5	21,5	MOPT	7,7	11,5	9,5	2,1	1,9	0,28
	60			2	0,3	1,5	9,5	MOPT	24,3	5,9	6	3,1	4,2	0,35
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	CEIBA NORTE	2	0,35	1,5	27,5	MOPT	5,5	14,6	12,2	6,5	7,4	0,17
	66			2	0,55	1,5	41,0	MOPT	3,1	6,7	6,5	2,3	2,3	0,16

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MUESTRA			CBR (%)								
							PDC			INALTERADO					
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	No.	De (m)	Hasta (m)	NÚMERO DINÁMICO (mm/golpe)	Correlación empleada	CBR (%)	Natural		Sumergido		Expansión (%)
							INVE-172-13			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
	67			2	0,35	0,6	7,8	MOPT	32,1	5,5	6,4	2,9	2,7	0,03
				3	0,6	1,5	n.a.	n.a.						
	68			2	0,55	1,5	17,0	MOPT	10,8					
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	FLORESTA SALADO	2	0,55	1,5	20,6	MOPT	8,2	7	7,1	3,7	3,2	0,12
	70			2	0,3	0,75	22,5	MOPT	7,3	10,2	8,5	3,3	4,3	0,2
				3	0,75	1,5	n.a.	n.a.						
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	PROTECHO TOPACIO	2	0,6	1,5	80,0	MOPT	1,2					
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	2	0,5	1,5	11,9	MOPT	17,6					
	74			2	0,5	0,95	16,7	MOPT	11,0	11,2	10,4	6,6	5,5	0,07
				3	0,95	1,5	10,0	MOPT	22,6					
	75			2	0,45	1,5	12,5	MOPT	16,5	27,2	20,5	8,7	7,2	0,17
	76			2	0,75	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	77			2	0,4	1,5	26,7	MOPT	5,7					
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	JARDIN	2	0,65	1,5	18,0	MOPT	9,9					
	79			2	0,35	0,7	24,4	MOPT	6,5	6,9	6	2,6	2,6	0,21
				3	0,7	1,5	15,0	MOPT	12,8					
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	JARDIN	1	0,06	0,4	n.a.	n.a.						
				2	0,4	1,5	20,7	MOPT	8,2	10,8	9,4	3,6	4,3	0,19
	81			2	0,4	1,5	16,2	MOPT	11,5	15,3	11,2	5,1	3,9	0,07
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	LAS AMERICAS	2	0,35	1,5	12,9	MOPT	15,9					
	83			2	0,7	1,5	10,0	MOPT	22,6					
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	JORDÁN 3 ET	2	0,4	0,9	18,7	MOPT	9,4	6,7	6,6	3,4	3,4	0,29
				3	0,9	1,5	n.a.	n.a.						
	88			2	0,4	1,5	10,0	MOPT	22,6					
41	90	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	TUNJOS 1	1	0	0,65	34,3	MOPT	4,0	4,5	5	1,1	1,2	0,19
				2	0,65	1,5	20,0	MOPT	8,6					
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A		3	1	1,5	10,8	MOPT	20,3	3,7	4,7	2,3	2,4	0,19
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	DEPARTAMENTAL	2	0,8	1,5	23,3	MOPT	6,9					
	97			1	0,1	1,5	15,8	MOPT	11,9	18,6	15,3	3	2,8	0,28
46	99	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	AMERICA	1	0	1,5	25,6	MOPT	6,0	12	10,8	6,5	6,4	0,17
	100			2	0,4	1,5	40,0	MOPT	3,2	4,5	3,8	3,4	3,4	0,23
	101			2	0,5	1,5	44,0	MOPT	2,8					
47	103	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	REFUGIO	2	0,5	1,5	21,4	MOPT	7,8					
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	CASA CLUD	2	0,45	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	105			2	0,6	1,3	17,5	MOPT	10,3	20,3	14,8	3,4	3	0,12
				3	1,3	1,5	10,4	MOPT	21,3					
	106			2	0,65	1,5	21,0	MOPT	8,0					
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	GALÁN	2	0,7	1,5	n.a.	n.a.		6,9	5,2	3,3	2,7	0,13
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	MIRAMAR	2	0,55	1,5	40,0	MOPT	3,2					
	112			2	0,4	0,9	22,0	MOPT	7,5					
				3	0,9	1,5	28,8	MOPT	5,1					
	113			2	0,3	1,5	46,7	MOPT	2,6					
	115			2	0,75	1,5	20,3	MOPT	8,4	9,5	10,3	3,6	3,4	0

Se observa que los valores de expansión unidimensional en pruebas de CBR son menores de 1%, y esto es favorable para corroborar que el potencial de expansión del suelo no tendrá inconvenientes frente a cambios de humedad en la subrasante. Ahora bien, si el potencial de expansión puede no ser perjudicial en diferentes zonas de diseño, si es evidente que la resistencia mecánica del suelo se reduce considerablemente con la saturación de la subrasante, observando cambios mayores al 70% de perdida de resistencia. También es cierto que la precipitación media anual en la zona de estudio es alta, cuestión que es considerada en el diseño presentado en este informe para adoptar un valor critico de CBR para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

6.2. Modulo resiliente

Para el diseño de cada segmento en estudio, se hará uso del resultado de laboratorio para muestras de los apiques ejecutados sobre el sector de referencia, en los cuales fue posible la recuperación muestras inalteradas que a su vez se utilizaron para la determinación del CBR acorde a los procedimientos técnicos establecidos en la norma de ensayo INVE 148-13 y cuyos resultados se encuentran adjuntos en el **Anexo III: Resultados de laboratorio.**

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Para diseño de forma general se usará el criterio de diseño por CBR en condición crítica de inmersión 96 horas en agua. En caso de no contar con resultados de CBR en el segmento de estudio (esto dado que muchos tipos de suelos no es posible recuperar muestras inalteradas para CBR, y en otros casos que se obtuvo una muestra de CBR que no fue posible conformar en laboratorio para su ensayo), se usará la correlación del Ministerio de Obras Publicas MOPT de la norma INV E172 para ensayos realizados en terreno de PDC. El criterio de adopción de CBR en caso de usar penetrómetro de cono, será el menor valor de los existentes en el tramo, dada la incertidumbre que se tiene al correlacionar el numero dinámico PDC con valores de CBR.

La correlación empleada para determinar el módulo resiliente es la publicada por (Heukelom & Klomp, 1962) que se presenta a continuación (valor en PSI):

$$\mathrm{MR} = 1500\ \mathrm{CBR}$$

Los resultados de modulo resiliente de diseño se presentan a continuación para sector de diseño:

Tabla 10. Valores de modulo resiliente para cada tramo de estudio.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
1	1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	COMBEIMA	1,1	1575
	2				
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	BELEN	4,0	6030
	4				
3	5	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	20 DE JULIO	4,0	6030
	6				
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	ALASKA	3,9	5595
	8				
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	ANCON	7,4	1110
	10				
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	SAN SIMÓN	2,96	4440
	12				
	13				
8	14	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	LIMONAR 5 SECTOR	2,9	4350
	15				
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	GAITAN	2,4	3600
	17				
	18				
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	RESTREPO	3,2	4800

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	20				
	21				
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	SAN LUIS Y CASTILLA	5,6	8370
	23				
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	1,5	2190
	25				
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	EDÉN	5,8	8655
	27				
	28				
15	29	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	JORDÁN 7 ET	4,0	6000
	30				
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	5,4	8100
	32				
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	SAN FRANCISCO	4,3	6450
	34				
	35				
18	36	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	LOS ANGELES	1,7	2550
	37				
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	SAN ANTONIO	5,3	7950

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	39				
	40				
	41				
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	4,9	7350
	43				
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	1,6	2400
	45				
	46				
22	47	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	SAN LUIS GONZAGA	4,2	6300
	48				
24	49	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	SALADO	3,5	5175
	50				
	51				
25	52	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	CEIBA NORTE	3,3	4950
	53				
26	54	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	SAN LUCAS 1	2,5	3750
	55				
	56				
	57				
	58				
27	59	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	PALO GRANDE	2,6	3900
	60				

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	CEIBA NORTE	3,9	5850
	66				
	67				
	68				
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	FLORESTA SALADO	3,5	5250
	70				
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	PROTECHO TOPACIO	1,2	1800
34	72	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	VILLA DEL NORTE	2,1	3150
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	7,6	11400
	74				
	75				
	76				
	77				
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	JARDIN	2,6	3900
	79				
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	JARDIN	4,4	6600

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	81				
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	LAS AMERICAS	5,0	7500
	83				
	84				
	85				
	86				
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	JORDÁN 3 ET	3,4	5100
	88				
41	89	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	TUNJOS 1	1,1	1650
	90				
42	91	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	LA FLORESTA	2,2	3300
	92				
	93				
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A		2,3	3450
	95				
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	DEPARTAMENTAL	3,0	4500
	97				
46	98	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	AMERICA	1,6	2400
	99				
	100				
	101				
47	102	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	REFUGIO	7,7	11550

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	103				
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	CASA CLUD	3,4	5100
	105				
	106				
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	GALÁN	3,3	4950
	108				
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	MIRAMAR	3,6	5400
	110				
	111				
	112				
	113				
	114				
	115				

Los valores de CBR de diseño son en su mayoría menores a 5% por lo cual, se recomienda implementar mejoramientos del suelo para la construcción de capas de pavimento.

6.3. Mejoramiento

Teniendo en cuenta el valor de soporte de la subrasante, en términos de CBR, el tránsito de diseño e identificados los sectores que se encuentran generalmente con suelos cohesivos o granulares existentes insuficientes y de baja calidad, se debe implantar una plataforma de trabajo que permita garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento a proyectar.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Esta consultoría recomienda implementar rellenos tipo rajón como alternativa de mejoramiento de suelos. El relleno se debe sellar con un material granular clasificado tipo afirmado, para sobre dicho sello extender las capas subsiguientes.

Este análisis se realiza con el fin de encontrar el espesor mínimo requerido a nivel de granulares que se requiere con el fin de alcanzar un módulo combinado igual al módulo de dicha capa, en otras palabras, se ha determinado el espesor mínimo del material granular con el fin de denominarse subrasante (Superficie superior de todos los cortes y rellenos, a partir de este nivel se coloca la estructura de pavimento). Para dicho análisis se emplea la metodología de Ivanov, la cual se resume a continuación.

Donde:

Eeq = Módulo elástico equivalente del sistema, kg/cm²
Esbr = Módulo elástico de la subrasante, kg/cm²
emej = Espesor de la capa de mejoramiento, cm
a = Radio del área de carga, 15.05cm
n = Parámetro adimensional determinado con la expresión siguiente

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_{rajon}}{E_{SR}}}$$

Se aclara que para la ecuación del módulo del granular existente se emplea la ecuación desarrollada por Dormon & Metcalf:

$$E = 0.206h^{0.45}E_i$$

Donde:

E= Módulo del granular existente, (kg/cm2)
h= Espesor del material granular existente, (mm)
Ei= Módulo de la subrasante o capa subyacente, (kg/cm2).

Para el caso que nos ocupa tal como se muestra en la Tabla 7 los materiales granulares existentes o remanentes muchos no cumplen la especificación de mejoramiento debido a su alta plasticidad y el porcentaje de finos, el valor máximo que puede alcanzar el módulo del material de mejoramiento se limita a 100 MPa; considerando un CBR de 10% (Valor mínimo establecido en las especificaciones INVIAS para un Suelo Seleccionado o Rajón o Crudo de río). Es posible que el módulo del mejoramiento se calcule a partir de la siguiente ecuación:

$$M_r = 2555CBR^{0.64}\ (PSI)$$

Donde:

E= Módulo del granular, (psi)
CBR= Capacidad de soporte del material, (%).

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

En el caso de proyectos de diseño y/o construcción, el módulo de la subrasante característico adoptado para el diseño, debe ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California (CBR, norma de ensayo INV E-148) o según correlación típica entre el número de penetración dinámica del PDC y el CBR (INV E-172). Posteriormente, para cada sector en función del tipo de subrasante, se usará la correlación empírica de este último ensayo en sitio. La tabla siguiente relaciona los métodos más utilizados en el medio para el cálculo del módulo equivalente por efecto de rellenos, granulares existentes o mejoramientos sobre subrasantes blandas. Teniendo en cuenta las diferencias conceptuales entre métodos, únicamente serán aceptados aquellos desarrollados para vías pavimentadas y cuyo resultado sea el módulo equivalente. Adicionalmente, considerando que las plataformas de trabajo pueden tener un módulo equivalente cercano al calculado durante la fase constructiva y teniendo en cuenta la incertidumbre de los ensayos de laboratorio, se especifica para el diseño de este informe dos espesores de mejoramiento para valores entre 0.5 y 2.99% de CBR, y para el rango entre 3.0% y 5.0%.

Tabla 11. Valores de Modulo Equivalente con mejoramiento de subrasante.

CBR. inicial (%)	Módulo de subrasante		Módulo de mejoramiento		Espesor mejoramiento	Módulo combinado de Subrasante+Mejoramiento				Cálculos internos, metodología de Ivanov	
	Esr (MPa)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm2)	Ege (MPa)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm2)	Eeq (MPa)	Eeq (PSI)	CBR (%)	n	a
0.5	5.0	50.99	1019.7	100.0	40	325.59	31.9	4789	3.19	3.3145	0.1522
1.0	10.0	101.97	1019.7	100.0	40	464.29	45.5	6830	4.55	2.5119	0.1522
1.5	15.0	152.96	1019.7	100.0	40	560.64	55.0	8247	5.50	2.1358	0.1522
2.0	20.0	203.94	1019.7	100.0	40	633.90	62.2	9325	6.22	1.9037	0.1522
2.5	25.0	254.93	1019.7	100.0	40	692.28	67.9	10183	6.79	1.7411	0.1522
3.0	30.0	305.92	1019.7	100.0	25	588.50	57.7	8657	5.77	1.6186	0.1522
3.5	35.0	356.90	1019.7	100.0	25	636.45	62.4	9362	6.24	1.5219	0.1522
4.0	40.0	407.89	1019.7	100.0	25	680.05	66.7	10004	6.67	1.4427	0.1522
4.5	45.0	458.87	1019.7	100.0	25	720.03	70.6	10592	7.06	1.3763	0.1522
4.9	50.0	509.86	1019.7	100.0	25	756.93	74.2	11134	7.42	1.3195	0.1522

6.1. Potencial expansión de la subrasante

Para clasificar el potencial expansivo de la subrasante se utilizaron los datos de límite líquido e índice de plasticidad de los suelos de subrasante. La clasificación se hizo de acuerdo a los rangos establecidos en la Tabla 12 extraídos del Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas para Carreteras del INVIAS en la cual se presenta la clasificación de suelos expansivos en función de varios parámetros.

Cabe mencionar que el análisis de suelos expansivos se basa en las condiciones de plasticidad de los diferentes tipos de suelos. No obstante, como se mencionó en capítulos anteriores, se evidencia que en ensayos de laboratorio para expansión durante la inmersión de CBR, los valores de expansión fueron menores de 1%, lo cual, es favorable para la evaluación del potencial de expansión.

Tabla 12. Clasificación de suelos expansivos.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	SUCCIÓN DEL SUELO (MPa)	POTENCIAL DE EXPANSIÓN (%)	CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN
>60	>35	>0,38	>1,5	Elevado
50 - 60	25 - 35	0,14 – 0,38	0,5 – 1,5	Marginal
<50	<25	<0,14	<0,5	Bajo

Fuente: Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas para Carreteras.

En la Tabla 13 se presenta la clasificación de la subrasante en términos del potencial expansivo. Las condiciones de expansividad de la subrasante se pueden observar que los segmentos de análisis presentan una clasificación marginal y baja en su mayoría. Dado las intervenciones de rehabilitación pretenden rectificar los problemas superficiales de la carpeta asfáltica, por lo cual, las condiciones de drenaje superficiales se mejorarán y evitaran ingreso de agua a capas profundas.

Tabla 13. Evaluación del potencial de expansión del suelo.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN			POTENCIAL DE EXPANSIÓN
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO GRUPO	AASHTO IG	
				INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	INVE-180-13		INVIAS
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	BELEN	43	18	25,0	0,3	CL	A-7-5	10	BAJO
	4			62	27	35,0	0,3	CH	A-7-5	17	MARGINAL
3	6	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	20 DE JULIO	30	14	16,0	-0,2	SC	A-2-6	0	BAJO
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	ALASKA	35	18	17,0	0,5	CL	A-6	7	BAJO
				34	17	17,0	0,5	CL	A-6	6	BAJO
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	ANCON	N.P.	N.P.	N.P.	0,0	ML	A-4	0	BAJO
	10			N.P.	N.P.	N.P.	0,0	ML	A-4	0	BAJO
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	SAN SIMÓN	33	14	19,0	0,3	Cl	A-6	8	BAJO
				51	22	29,0	0,6	CH	A-7-5	11	MARGINAL
	12			60	24	36,0	0,4	CH	A-7-5	18	ALTO
	13			73	29	44,0	0,3	CH	A-7-5	34	ALTO
8	15	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	LIMONAR 5 SECTOR	48	26	22,0	-0,2	CL	A-7-5	12	BAJO
				37	18	19,0	0,5	CL	A-6	9	BAJO
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	GAITAN	78	27	51,0	0,4	CH	A-7-5	41	ALTO
	18			98	31	67	0,2	CH	A-7-6	58	ALTO
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	RESTREPO	38	15	23,0	0,3	CL	A-6	9	BAJO
				65	20	45,0	0,1	CH	A-7-5	27	ALTO
	20			40	14	26,0	1,2	SC	A-2-6	0	MARGINAL
	21			62	20	42,0	0,3	CH	A-7-5	36	ALTO
				N.P.	N.P.	N.P.	0,0	SP-SM	A-2-4	0	BAJO
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	SAN LUIS Y CASTILLA	67	33	34,0	0,1	MH	A-7-6	32	MARGINAL
	23			48	21	27,0	0,0	CL	A-7-5	13	MARGINAL
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	44	20	24,0	0,2	CL	A-7-5	13	BAJO
				46	16	30,0	0,6	CL	A-7-5	15	MARGINAL
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	EDÉN	48	8	40,0	0,9	CL	A-7-5	30	ALTO
	27			28	11	17,0	0,0	DC	A-6	2	BAJO
	28			40	20	20,0	1,3	SC	A-2-6	0	BAJO
15	30	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	JORDÁN 7 ET	43	14	29,0	-0,1	GC	A-2-7	0	MARGINAL
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	43	20	23,0	0,0	CL	A-7-5	15	BAJO
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	SAN FRANCISCO	63	24	39,0	0,5	CH	A-7-5	24	MARGINAL
	34			32	13	19,0	0,3	CL	A-6	6	BAJO
	35			50	21	29,0	0,2	CH	A-7-5	18	MARGINAL
18	37	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	LOS ANGELES	38	21	17,0	-0,1	CL	A-6	6	BAJO
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	SAN ANTONIO	N.P.	N.P.	N.P.	0,0	SM	A-2-4	0	BAJO
	41			79	48	31,0	0,2	MH	A-7-6	22	MARGINAL
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	47	13	34,0	0,4	CL	A-7-5	13	MARGINAL

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICES		CLASIFICACIÓN			POTENCIAL DE EXPANSIÓN
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)	USCS	AASHTO GRUPO	AASHTO IG	
				INVE-125-13 / INVE-126-13				INVE-181-13	INVE-180-13		INVIAS
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	40	12	28,0	0,2	SC	A-6	7	MARGINAL
22	46	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	SAN LUIS GONZAGA	610	19	41,0	0,4	CH	A-7-5	20	ALTO
				39	21	18,0	0,6	CL	A-6	15	BAJO
	48			41	21	20,0	-0,1	CL	A-7-5	8	BAJO
				42	21	21,0	1,0	CL	A-7-5	14	BAJO
25	51	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	CEIBA NORTE	27	15	12,0	0,2	SC	A-6	2	BAJO
	52			43	17	26,0	0,3	CL	A-7-5	10	MARGINAL
				35	16	19,0	0,4	SC	A-6	6	BAJO
26	53	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	SAN LUCAS 1	43	19	24,0	1,1	ML	A-4	0	BAJO
	54			41	8	33,0	0,4	CL	A-7-5	14	MARGINAL
				44	24	20,0	0,5	CL	A-7-5	27	BAJO
	55			33	9	24,0	0,3	CL	A-6	17	BAJO
27	58	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	PALO GRANDE	51	17	34,0	0,1	CH	A-7-5	32	MARGINAL
	59			52	19	33,0	0,3	CH	A-7-5	19	MARGINAL
	60			27	17	10,0	0,1	CL	A-4	6	BAJO
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	CEIBA NORTE	22	10	12,0	0,6	SC	A-2-6	0	BAJO
	66			32	10	22,0	0,6	SC	A-2-6	3	BAJO
	67			77	21	56,0	0,1	CH	A-7-5	40	ALTO
				31	10	21,0	0,7	CL	A-6	7	BAJO
	68			40	15	25,0	0,0	CL	A-6	10	BAJO
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	FLORESTA SALADO	26	15	11,0	2,4	CL	A-6	6	BAJO
	70			32	12	20,0	0,2	SC	A-2-6	1	BAJO
				42	21	21,0	0,6	CL	A-7-5	10	BAJO
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	PROTECHO TOPACIO	51	21	30,0	0,4	CH	A-7-5	25	MARGINAL
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	33	16	17,0	0,3	CL	A-6	5	BAJO
	74			72	28	44,0	0,0	CH	A-7-5	25	ALTO
				N.P.	N.P.	N.P.	0,0	SM	A-4	0	BAJO
	75			60	25	35,0	-0,1	SP-SC	A-2-7	0	MARGINAL
	76			81	35	46,0	0,1	CH	A-7-6	37	ALTO
	77			46	20	26,0	0,3	CL	A-7-5	12	MARGINAL
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	JARDIN	42	17	25,0	0,1	CL	A-7-5	14	BAJO
	79			45	16	29,0	0,3	CL	A-7-5	16	MARGINAL
				51	24	27,0	0,4	CH	A-7-5	15	MARGINAL
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	JARDIN	N.P.	N.P.	N.P.	0,0	ML	A-4	0	BAJO
				61	21	43,0	0,2	CH	A-7-5	47	ALTO
	81			56	20	36,0	0,4	CH	A-7-5	36	ALTO
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	LAS AMERICAS	61	15	46,0	0,1	CH	A-7-5	19	ALTO
	83			48	19	29,0	-0,2	CL	A-7-5	21	MARGINAL
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	JORDÁN 3 ET	75	30	35,0	0,3	CH	A-7-5	42	MARGINAL
				59	22	37,0	0,0	CH	A-7-5	19	ALTO
	88			48	29	19,0	0,1	ML	A-7-5	7	BAJO
41	90	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	TUNJOS 1	55	13	42,0	0,2	CH	A-7-5	29	ALTO
				41	17	24,0	0,1	CL	A-7-5	8	BAJO
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A		31	11	20,0	0,6	CL	A-6	7	BAJO
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	DEPARTAMENTAL	47	21	26,0	-0,1	CL	A-7-5	18	MARGINAL
	97			61	26	35,0	0,3	CH	A-7-5	25	MARGINAL
46	99	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	AMERICA	53	28	25,0	-0,3	CH	A-7-5	21	BAJO
	100			42	16	26,0	0,5	CL	A-7-5	14	MARGINAL
	101			23	16	7,0	-0,7	SC-SM	A-2-4	0	BAJO
47	103	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	REFUGIO	29	18	11,0	-0,7	SC	A-2-6	0	BAJO
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	CASA CLUD	42	16	26,0	0,2	CL	A-7-5	11	MARGINAL
	105			33	14	19,0	0,4	SC	A-6	5	BAJO
				30	13	19,0	0,3	SC	A-2-6	0	BAJO
	106			37	18	19,0	-0,1	CL	A-6	9	BAJO
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	GALÁN	43	17	26,0	0,2	CL	A-7-5	14	MARGINAL
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	MIRAMAR	63	28	35,0	0,2	CH	A-7-5	22	MARGINAL
	112			42	18	24,0	0,1	CL	A-7-5	11	BAJO
				51	24	27,0	0,2	CH	A-7-5	20	MARGINAL
	113			36	20	16,0	0,4	CL	A-6	7	BAJO
	115			42	18	24,0	0,1	CL	A-7-5	9	BAJO

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

7. CLIMA

presente capítulo contiene información climática superficial de la zona de proyecto con el fin de estimar las condiciones de humedad y escorrentía sobre los pavimentos de los diferentes segmentos, como insumo final para la evaluación de los coeficientes de drenaje cualitativos de este capítulo.

Los objetivos de la revisión climática son:

- Identificar las estaciones pluviométricas y/o pluviográficas cercanas al sitio de interés y evaluar las condiciones de precipitación existentes en el área de influencia del sitio particular de análisis.

- Con base en la información de referencia evaluar el riesgo de drenaje de los segmentos viales.

7.1. Información de referencia

El estudio se realizó con información secundaria recopilada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). La información secundaria se obtuvo de los siguientes documentos:

- Reportes de precipitación total anual de las estaciones operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), En la Tabla 14 se presenta el nombre, tipo y características de localización y elevación.

Tabla 14. Estaciones climáticas en Ibagué, Tolima - tipología y características.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)	ENTIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
21217180	MONTEZUMA	Limnigráfica	1450	IDEAM	Tolima	Ibagué
21215160	CERROS NOROCCIDENTALES	Climática Principal	1946	IDEAM	Tolima	Ibagué
21215180	BATALLON ROOKE	Climática Principal	1323	IDEAM	Tolima	Ibagué
21217220	SAN VICENTE DEL COMBEIMA	Limnimétrica	1750	IDEAM	Tolima	Ibagué
21240030	SAN JUAN DE CHINA	Pluviométrica	1980	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210020	LAS JUNTAS	Pluviográfica	1765	IDEAM	Tolima	Ibagué
21217120	PUENTE CARRETERA	Limnigráfica	1156	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210170	PALOGRANDE HACIENDA	Pluviométrica	2212	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210200	BUENOS AIRES	Pluviométrica	728	IDEAM	Tolima	Ibagué
21220050	EL ACEITUNO	Pluviométrica	680	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210120	LA ESMERALDA	Pluviográfica	1965	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210080	EL SECRETO	Pluviográfica	1482	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210240	INTERLAKEN	Pluviométrica	1174	IDEAM	Tolima	Ibagué
21245040	AEROPUERTO PERALES	Sinóptica Secundaria	943	IDEAM	Tolima	Ibagué

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)	ENTIDAD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
21245010	PERALES HATO OPIA	Climática Ordinaria	826	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210230	CRUZ ROJA	Pluviométrica	1176	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210260	EL SILENCIO	Pluviográfica	2500	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210220	EL PALMAR	Pluviográfica	2200	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210030	PASTALES	Pluviográfica	1602	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210180	TOCHE	Pluviográfica	1991	IDEAM	Tolima	Ibagué
21210110	EL PLACER	Pluviográfica	2170	IDEAM	Tolima	Ibagué
2121500042	EL SILENCIO	Climática Principal	2547	IDEAM	Tolima	Ibagué

7.2. Precipitación

Se tienen registro de 14 estaciones pluviográficas y pluviométricas alrededor de la ciudad de Ibagué. Como la ubicación espacial de los segmentos de estudio se encuentran distribuidos en toda el área aferente

Se tiene registro de las precipitaciones anuales registradas en la estación seleccionada en un lapso de tiempo mínimo de 24 años (1998-2022). Particularmente se excluyen del análisis los años 2003, 2006, 2008, 2009 y 2010 de acuerdo con la información suministrada por la entidad.

En esta estación se encuentra una variación mayor entre los años 2017, 2018 y 2019, con una mínima de 1663.8 mm en el año 2015, un pico máximo en el año 2021 de 3007.5 mm y de nuevo un extremo mínimo de 1608.5 mm para el año 2016.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

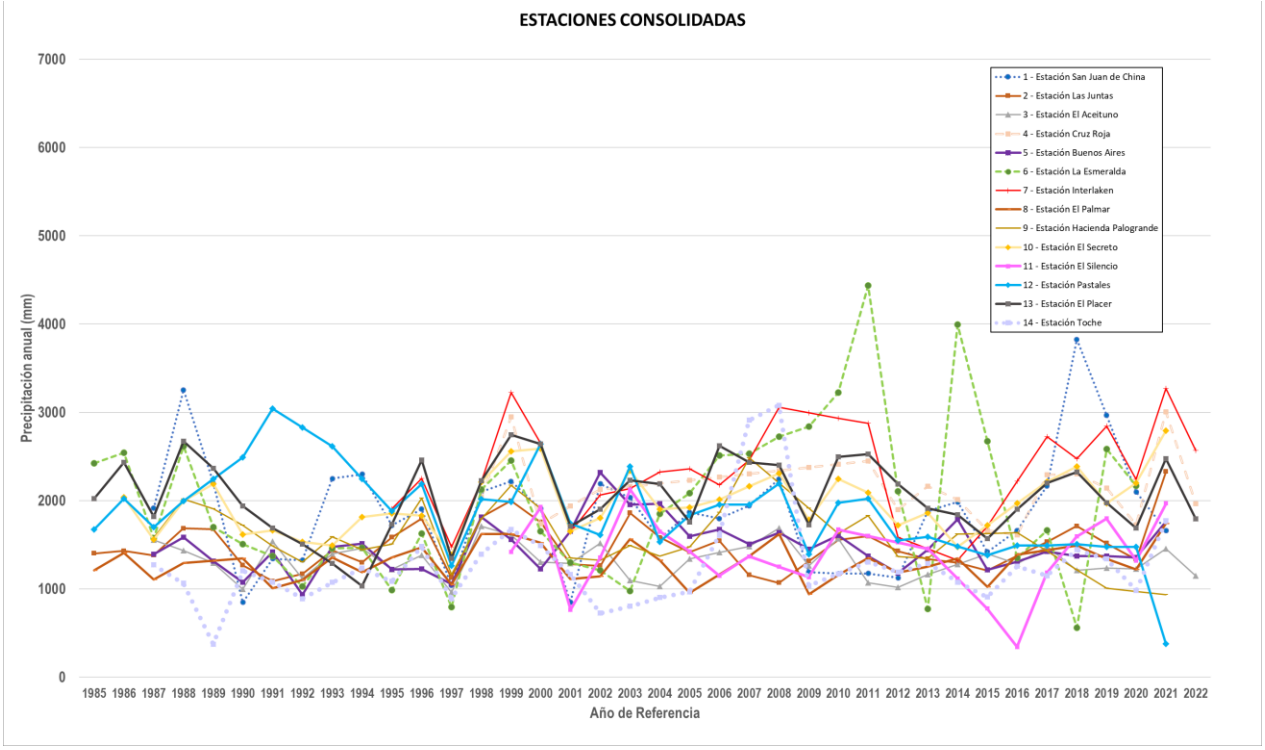


Figura 9. Variación temporal de precipitación media anual por cada estación.

Se analiza la serie de datos temporales de precipitación media anual, se puede establecer que los valores se encuentran entre 1000 mm y 2000 m de lluvia sobre el área de influencia, con algunos picos que superan los 3000 mm, por lo cual, se considera que el riesgo por saturación de capas de pavimento es alto. Es importante acompañar las actividades de construcción de pavimento, con mantenimientos, adecuaciones y limpieza de estructuras de drenaje como pozos, sumideros, cañuelas, cunetas y filtros.

7.1. Temperatura media anual

Según información obtenida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la temperatura promedio es de 23.2 ºC. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 28 y 30ºC. En la madrugada la temperatura mínima está entre 19 y 20ºC. El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos, la insolación llega a 6 horas diarias/día. La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 65 y 83 %, siendo mayor en la época lluviosa del segundo semestre.

El siguiente gráfico y mapa ilustra la distribución de la temperatura en la ciudad de Ibagué:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

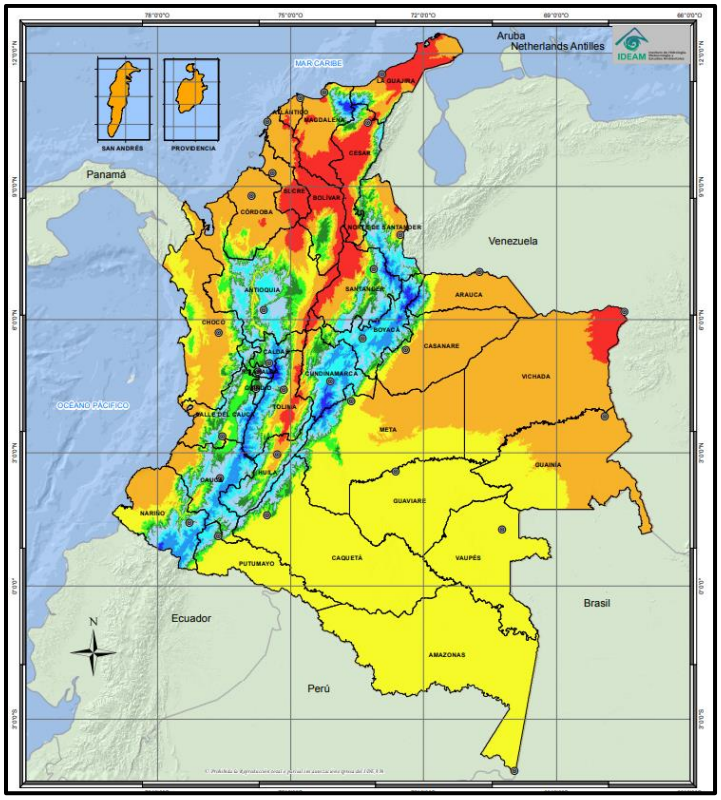


Figura 10. Temperatura Media Anual Colombia– Atlas Climatológica de Colombia Fuente: IDEAM, 2014

Especificamente para la region de analisis del proyecto: se tiene una condicion de temperatura media entre 20ºC y 24ºC, predominante en el año. En la Figura 11 se muestra la tendencia anual de temperatura Ibague, en el departamente del Tolima.

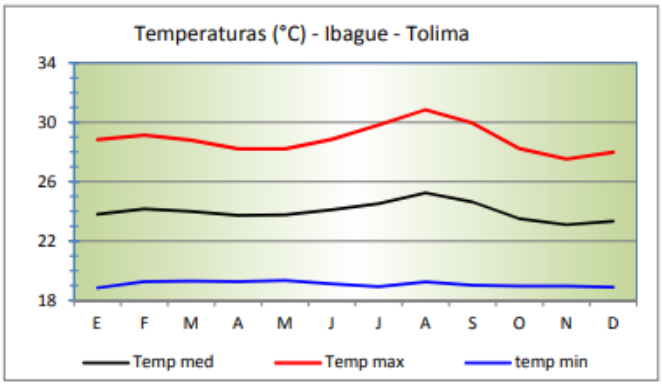


Figura 11. Marcha anual de la temperatura máxima, media y mínima Fuente: IDEAM, 2014

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

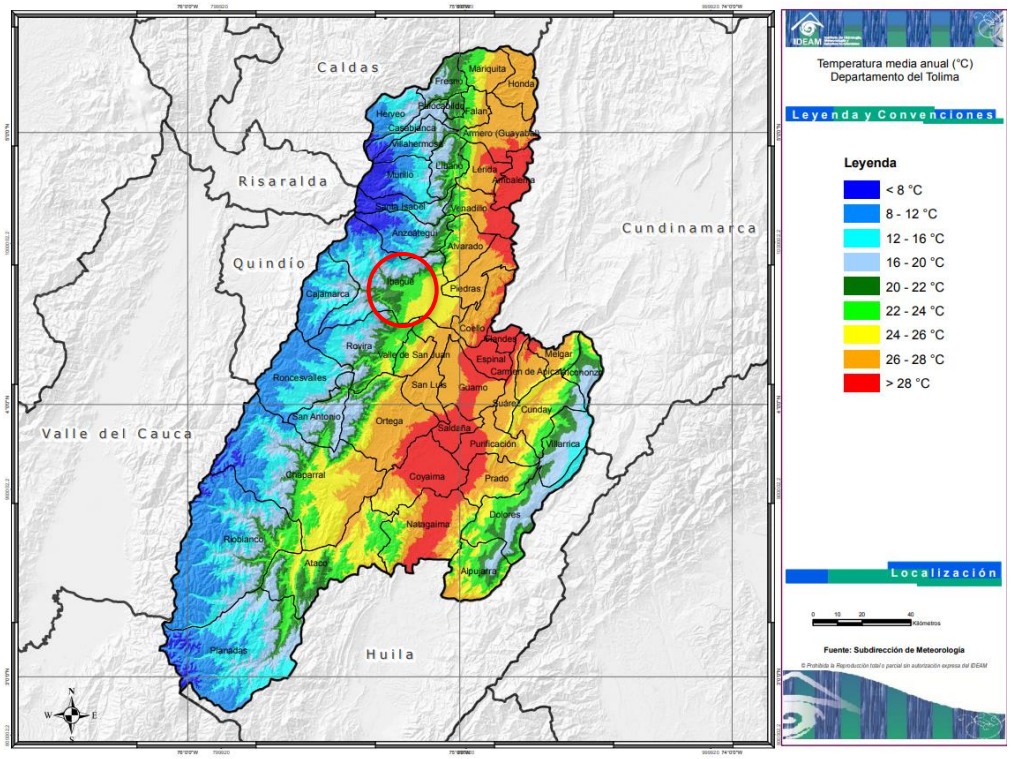


Figura 12. Temperatura Media Anual Tolima– Atlas Climatológica de Colombia Fuente: IDEAM, 2014

8. TRÁNSITO

El tráfico de los segmentos de estudio fue establecido por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Ibagué, de acuerdo con las proyecciones y el análisis de cada sector realizado por la entidad. Esta información fue entregada a esta consultoría como insumo para el cálculo de las estructuras de cada segmento. El diseñador de pavimentos en este informe solo toma la información de tránsito suministrada para el cálculo de las diferentes estructuras de pavimento sin ningún ajuste o modificación de la información.

En la Tabla 15 se presentan los valores de numero de ejes equivalentes para el periodo de diseño de pavimentos y en los anexos del informe se presentan los análisis de tránsito con las proyecciones de cada segmento, entregadas para cada segmento. El periodo de análisis de los segmentos fue definido por la entidad de la siguiente forma:

- Pavimentos flexibles: 15 años.
- Pavimentos rígidos: 20 años

Esta consultoría recomienda que los periodos de diseño de pavimentos flexibles sean como máximo de 10 años, ya que los deterioros de este tipo de superficies se presentan en periodos entre 7 y 10 años. Las condiciones climáticas y la radiación UV rigidizan las carpetas asfálticas, haciéndolas susceptibles a fallas prematuras. El diseño aca

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

presentado se ha realizado usando el periodo de análisis establecido por la entidad y en dicho sentido se hace el descargo de responsabilidad por dicho concepto.

La distribución y composición vehicular es tomada de la información remitida por la entidad contratante y la cual es incluida en el **Anexo VI: proyección de transito.**

De manera consolidada, se presenta en la Tabla 15 los valores de ejes equivalente para cada segmento y el periodo de diseño considerado por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Ibagué.

Tabla 15. Valor de ejes equivalentes considerado para el diseño de los segmentos viales

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	$NEE_{8.2T}$	
					15 Años	20 Años
1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	65		140,696
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	86	139,502	
3	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	76		188,437
4	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	49		149,929
5	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	88		388,867
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	120	132,914	
8	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	60		188,437
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	145	107,994	
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	100	206,823	
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	75	119,824	
13	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85		139,118
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	125	134,056	
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	97	258,594	
16	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85		150,402
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	165	117,013	
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	90		143,064
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	150	137,980	
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	87	96,808	
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	81	134,817	
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	106	176,679	
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	60	254,319	
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	130	139,151	
26	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	170	254,319	
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	260	125,740	
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	160	132,182	
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	93		176,679
32	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	44	563,139	
34	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	30		169,419
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	230	482,020	
36	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	60		200,668
37	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	90		209,979
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	215	429,780	
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	96	119,942	
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	70		140,617
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	131	125,740	
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9	HACIENDA PIEDRA PINTADA	90	352,064	
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	55		141,643
46	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	180	104,363	
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	90		145,036
48	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUB	102		469,079
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	76		121,600
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	354	145,242	

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

En el **Anexo VI: proyección de transito** se pueden evidenciar los resultados de la composición vehicular obtenida del estudio de tráfico para cada una de los segmentos junto con las proyecciones a 15 años y 20 años.

9. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

De acuerdo con los resultados de capacidad de soporte de los suelos en donde se soportarán las estructuras de pavimento, se hace necesario la implementación de mejoramientos que permitan proveer una plataforma de trabajo adecuada con la capacidad de soporte adecuada y un módulo de rigidez que permita asumir los esfuerzos de tránsito que lleguen a capas profundas.

En este informe se propone como mejoramiento el aprovechamiento de capas granulares tipo rajón y sello en material clasificado, logrando módulos combinados de soporte que garanticen valores de CBR mínimos de 5%.

10. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para el dimensionamiento y posterior validación de las alternativas en pavimento flexible a proponer durante el desarrollo del presente documento; se hará uso inicialmente de la metodología de diseño propuesta por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en el año 1993; cuyo insumo principal corresponderá al número de repeticiones equivalentes de un eje de 8,2 toneladas para el periodo de diseño y la capacidad de soporte de la subrasante o plataforma de trabajo identificada en cada segmento de estudio.

De igual forma, obtenido el predimensionamiento de los espesores de las distintas capas que conformarán las estructuras de pavimento a proponer; se procederá a validar mediante modelos empíricos – mecanicistas que los esfuerzos, deformaciones y deflexiones sean acordes los valores máximos que puede soportar la estructura de pavimento en función del tránsito de diseño y la capacidad de soporta de la plataforma de trabajo.

A continuación, se realiza una descripción detallada de los distintos parámetros que serán utilizados para el dimensionamiento y validación de las alternativas de pavimento flexible a proponer durante el desarrollo del presente documento.

METODOLOGÍA DE DISEÑO AASHTO-93.
El método de diseño de la AASHTO/93, dimensiona las estructuras en 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.

La ecuación básica de diseño de la AASHTO es la siguiente:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

$$Log\ N = Z_R * So + 9.36 * Log\ (SN+1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{(\Delta PSI)}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}}\right] + 2.32 * Log\ M_r - 8.07$$

Dónde:

N = Número de ejes equivalentes de 8,2 t (80 kN).
ZR = Desviación estándar normal.
S_O = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.
ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad (4.2 – 2.0) = 2.2
Mr = Módulo de resiliencia de la subrasante (lb / pulg²).
SN = Número estructural determinado por:

$$SN = a1D1 + a2d2m2 + a3d3m3$$

Siendo:
ai = Coeficiente estructural de la capa i.
Di = Espesor de la capa i (pulg).
mi = Coeficiente de drenaje de la capa granular i.

Para el proyecto del corredor en estudio se consideran los siguientes parámetros de acuerdo con la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993:

Período de Análisis: El período de análisis para el diseño de las estructuras de pavimento se encuentra de acuerdo con el análisis de tránsito entregado por la Secretaria de Infraestructura de Ibagué.

Confiabilidad: De acuerdo con la tabla 2.2 del AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993, se adopta un nivel de confiabilidad del 80% considerando que los segmentos viales en estudio corresponden a malla local residencial, obteniendo del mismo manual una desviación estándar normal (ZR) de -0.841 como se indica a continuación:

Tabla 16. Niveles de confiabilidad sugeridos de acuerdo con la clasificación funcional del camino.
Fuente: TABLA 2.2 AASHTO GUIDE FOR DESING OF PAVEMENT STRUCTURES 1933.

Clasificación funcional	Nivel de Confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Error estándar (So): para pavimentos flexibles dicho parámetro oscila entre 0.40 y 0.50, en este caso particular se empleará 0.45 para efectos de la obtención del valor del SN Requerido (ver Tabla 17).

Tabla 17. Desviación estándar So.
Fuente: AASHTO GUIDE FOR DESING OF PAVEMENT STRUCTURES 1933.

Proyecto de Pavimento	Desviación estándar So	
	Flexible	Rígido
Rango aceptable	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Serviciabilidad: El índice de Servicio presente (PSI) varía entre 0 (carretera imposible) y 5 (Carretera perfecta). Teniendo en cuenta lo anterior, y acorde a lo establecido por la metodología de diseño, se adopta un P0 = 4.2 y Pt =2.0 para obtener un ΔPSI de 2.2. Valores adoptados de acuerdo con la recomendación de la Guía para diseño de estructuras de pavimento de AASHTO/1993 numeral 2.2.1 página II-10.

10.1. Dimensionamiento preliminar de pavimentos flexibles.

DETERMINACION DE PARAMETROS ESTRUCTURALES (ai): El parámetro mecánico con el cual se caracterizan los materiales es el módulo resiliente (MR), que a su vez es usado para el dimensionamiento del espesor de las capas de pavimento flexible y se traducen en coeficientes estructurales a_i.

Para sub-bases granulares no tratadas, el coeficiente estructural se calcula mediante la siguiente correlación propuesta por (AASHTO, 1993):

$$a_3 = 0.227 \log(MR) - 0.839$$

Donde a_3 es el coeficiente estructural para subbases granulares, y MR es el módulo resiliente expresado en PSI. De acuerdo con las especificaciones mínimas solicitadas para una subbase granular, el módulo MR obtenido es de 105 MPa (15.000 PSI) para lo cual se estima un coeficiente estructural a_3 de 0.11.

Para las bases granulares no tratadas, el coeficiente estructural (a_2) se calcula mediante la siguiente correlación propuesta por (AASHTO, 1993).

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

Donde a_2 es el coeficiente estructural de la base granular, y MR es el módulo resiliente en PSI. De acuerdo con las especificaciones mínimas solicitadas para una base granular, el módulo MR obtenido en ensayos de laboratorio es de 201.6 MPa (28.800 PSI) para lo cual se estima un coeficiente estructural a_3 de 0.13.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE (m_i): La determinación de los coeficientes m_i se realiza empleando la tabla 2.4 del AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993, teniendo en cuenta un porcentaje del tiempo en que la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación entre el 5 y el 25 %, para el caso que nos compete se considerará un valor de m_i para las capas asfálticas y tratadas con asfalto de 1.0 y, para las capas granulares convencionales de 0.90. Este último definido teniendo el drenaje de la capa hasta un grado de saturación en un tiempo de un día o una semana (calidad de drenaje "buena" o "regular") y entre el 5% y el 25% del tiempo el pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Tabla 18. Coeficientes de drenaje recomendados para capas granulares.

Fuente: Tabla 2.4 AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacua

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que la nueva estructura de pavimentos está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.0
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

A continuación, se presentan los espesores de diseño de pavimentos flexibles mediante la metodología AASHTO-93 para cada segmento de estudio con proyección de construcción de pavimento en superficie asfáltica:

Convenciones:
T = número de tramo.
W18 = numero de ejes equivalente en el periodo de diseño.
MR diseño = modulo resiliente de la subrasante.
Mreq = modulo equivalente luego de mejoramiento
SN req = número estructural requerido.
CA = carpeta asfáltica.
BG = base granular.
SNdiseño = número estructural calculado.

Tabla 19. Espesores de diseño preliminar por segmento.

T	DIRECCIÓN	COMUNA	W18	CBRDiseño (%)	MR Diseño	MEJORAMIENTO (cm)	MReq	SNreq	ESPESORES (cm)			SNDiseño	SN/SN req	CHEQUEO
						RAJÓN			CA	BG	TOTAL			
2	CL9 KR 10 Y KR 11	2	139.502	4,0	6030	25	10028	2,06	10	15	50	2,09	1,01	CUMPLE
7	KR 9A CL 31 Y CL32	3	132.914	2,96	4440	40	10837	1,98	10	20	70	2,32	1,17	CUMPLE
9	KR9B CL 38 Y CL39B	4	107.994	2,4	3600	40	10026	1,97	10	15	65	2,09	1,06	CUMPLE

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

T	DIRECCIÓN	COMUNA	W18	CBRDiseño (%)	MR Diseño	MEJORAMIENTO (cm)	MReq	SNreq	ESPESORES (cm)			SNDiseño	SN/SN req	CHEQUEO
						RAJÓN			CA	BG	TOTAL			
10	KR 6B CL39 Y 39B	2	206.823	3,2	4800	25	8947	2,29	11	18	54	2,37	1,03	CUMPLE
12	KR 12 entre CL 45 Y CL 46	4	119.824	5,6	8370	0	8370	2,15	10	18	28	2,23	1,04	CUMPLE
14	KR 10A ENTRE CL 67 Y CL 69	5	134.056	5,8	8655	0	8655	2,16	10	17	27	2,18	1,01	CUMPLE
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	258.594	4,0	6000	25	10004	2,27	10	20	55	2,32	1,02	CUMPLE
17	CLL 80 ENTRE KR 11A Y KR 12A	5	117.013	4,3	6450	25	10362	1,97	10	15	50	2,09	1,06	CUMPLE
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	137.980	5,3	7950	0	7950	2,24	10	20	30	2,32	1,04	CUMPLE
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	96.808	4,9	7350	25	11029	1,87	10	15	50	2,09	1,12	CUMPLE
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	134.817	1,6	2400	40	8485	2,18	10	18	68	2,23	1,02	CUMPLE
24	CL 141 ENTRE KR 8C BIS Y TV 8	7	254.319	3,5	5175	25	9295	2,33	10	22	57	2,42	1,04	CUMPLE
25	CL131 KR 8E Y KR 9	7	139.151	3,3	4950	25	9088	2,13	10	16	51	2,13	1,00	CUMPLE
26	CL 141 KR 8 Y KR 8B	7	254.319	2,5	3750	40	10183	2,25	12	15	67	2,36	1,05	CUMPLE
27	CL 140 KR 9 Y KR 12A	7	125.740	2,6	3900	40	10335	2,00	10	15	65	2,09	1,04	CUMPLE
30	CL 139 ENTRE KR 8A Y 8B TV. 8	7	132.182	3,9	5850	25	9880	2,05	10	15	50	2,09	1,02	CUMPLE
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	482.020	7,6	11400	0	11400	2,39	10	22	32	2,42	1,01	CUMPLE
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	429.780	5,0	7500	0	7500	2,73	13	20	33	2,74	1,00	CUMPLE
40	KRA 4B ENTRE CLL 74A Y CLL 76	9	119.942	3,4	5100	25	9227	2,07	10	16	51	2,13	1,03	CUMPLE
42	CL 59 KR 1A Y KR 2	9	125.740	2,2	3300	40	9690	2,05	10	18	68	2,23	1,09	CUMPLE
43	KR 2 CL 56 Y 58 A	9	352.064	2,3	3450	40	9861	2,40	12	18	70	2,50	1,04	CUMPLE
51	KR 31 CL 20 Y ALTOS MIRAMAR	13	145.242	3,6	5400	25	9495	2,11	10	18	53	2,23	1,06	CUMPLE

10.2. Funciones de transferencia

Para el diseño y análisis de espesores por medio del Método Mecanicista, se tienen en cuenta las siguientes ecuaciones.

Para la deformación admisible a tracción en la fibra asfáltica inferior existente, se considera la ecuación de Shell:

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)\, E^{-0.36}\, (N/K)^{-0.20}$$

Donde:

- εt: Deformación admisible por tracción en la fibra inferior de la mezcla asfáltica.
- Vb: Porcentaje del Volumen de Asfalto en la Mezcla
- N: Número de ejes equivalentes de 8.2 t.
- K: Factor de Calage.
- E: Módulo de elasticidad de la carpeta asfáltica (MPa).

Se debe tener en cuenta que, para el cálculo de la resistencia a la fatiga de los materiales asfálticos, el valor de la deformación a tracción en la fibra inferior de la capa debe ser afectado por el factor de Calage (K) de acuerdo con el nivel de confiabilidad del proyecto y definido según el manual de rehabilitación del INVIAS 2008, como se presenta a continuación:

Tabla 20. Valor del factor de desplazamiento (calage) de la ecuación de fatiga de Shell en función del nivel de confiabilidad
Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfalticos de carreteras, INVIAS 2008.

CONFIABILIDAD	FACTOR DE DESPLAZAMIENTO
80%	4.7
85%	3.3
90%	2.0
95%	1.0

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Adicionalmente se chequeó la deformación vertical admisible en la subrasante de acuerdo a la ley de ahuellamientos propuesta por la Universidad de Nottingham.

$$\epsilon_z = 0.0216N^{-0.25}$$

Finalmente se chequeo esfuerzo vertical de compresión sobre la subrasante aplicando la ecuación de Kerhoven y Dormon en la cual se tiene lo siguiente:

$$\sigma_z(MPa) = \frac{0.007E_s}{1 + 0.7\log(N)}$$

Donde Es, es el módulo de la subrasante expresado en MPa, y N es el número de repeticiones de carga. En las memorias de cálculo anexas al presente informe se presentan los valores de deformaciones admisibles en las capas asfálticas y en la subrasante para chequear temas de fatiga y ahuellamientos para el tramo correspondiente. Los valores de Mr considerados para el análisis de deformaciones ya consideran el efecto del mejoramiento en los tramos donde se requieren.

Para el cálculo de los esfuerzos y deformaciones se usó el programa ALIZE-LCPC V1 considerando una carga con las siguientes características:

- Radio de la carga: 10.5 cm
- Distancia entre ruedas: 31.5 cm
- Presión de inflado: 5.92 kg/cm^2
- Carga aplicada: 20 kN

10.3. Chequeo mecánico de estructuras de pavimento flexible.

Los resultados de deformaciones y esfuerzos admisibles y calculados se presentan a continuación:

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	$NEE_{8.2T}$	ADMISIBLES - PAV. FLEXIBLE			CALCULADOS - PAV. FLEXIBLE			
				15 años	ε_t (μdef)	ε_z (μdef)	σ_z (MPa)	ε_t (mdef)	ε_z (mdef)	σ_z (MPa)	chequeo
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	139.502	558	1.118	0,107	380	911	0,071	CUMPLE
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	132.914	563	1.131	0,116	359	760	0,062	CUMPLE
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	107.994	587	1.192	0,109	380	912	0,071	CUMPLE
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	206.823	515	1.013	0,093	349	831	0,056	CUMPLE
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	119.824	575	1.161	0,090	375	927	0,059	CUMPLE
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	134.056	562	1.129	0,092	378	937	0,062	CUMPLE

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	$NEE_{8.2T}$	ADMISIBLES - PAV. FLEXIBLE			CALCULADOS - PAV. FLEXIBLE			
				15 años	ε_t (µdef)	ε_z (µdef)	σ_z (MPa)	ε_t (mdef)	ε_z (mdef)	σ_z (MPa)	chequeo
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	258.594	493	958	0,102	361	795	0,059	CUMPLE
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	117.013	578	1.168	0,112	378	894	0,072	CUMPLE
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	137.980	559	1.121	0,085	375	905	0,055	CUMPLE
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	96.808	600	1.225	0,120	375	862	0,074	CUMPLE
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	134.817	562	1.127	0,091	382	939	0,060	CUMPLE
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	254.319	495	962	0,095	364	827	0,057	CUMPLE
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	139.151	558	1.118	0,097	380	938	0,065	CUMPLE
26	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	254.319	495	962	0,104	332	777	0,061	CUMPLE
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	125.740	569	1.147	0,111	379	896	0,072	CUMPLE
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	132.182	564	1.133	0,106	381	919	0,070	CUMPLE
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	482.020	435	820	0,112	352	698	0,059	CUMPLE
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	429.780	445	844	0,074	306	745	0,042	CUMPLE
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	119.942	575	1.161	0,099	380	930	0,066	CUMPLE
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	125.740	617	1.147	0,104	369	856	0,063	CUMPLE
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9	HACIENDA PIEDRA PINTADA	352.064	463	887	0,099	323	733	0,054	CUMPLE
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	145.242	553	1.106	0,101	370	866	0,062	CUMPLE

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

10.4. Estructuras finales de diseño en pavimento flexible.

Luego de los chequeos racionales y mecánicos de las estructuras de pavimento a continuación se presentan los espesores finales de diseño:

Tabla 21. Espesores finales de diseño para pavimento flexible.

TRAMO	DIRECCIÓN	COMUNA	W18	MEJORAMIENTO (cm)	ESPESORES (cm)		
				RAJÓN	CA	BG	TOTAL
2	CL9 KR 10 Y KR 11	2	139.502	25	10	15	50
7	KR 9A CL 31 Y CL32	3	132.914	40	10	20	70
9	KR9B CL 38 Y CL39B	4	107.994	40	10	15	65
10	KR 6B CL39 Y 39B	2	206.823	25	11	18	54
12	KR 12 entre CL 45 Y CL 46	4	119.824	0	10	18	28
14	KR 10A ENTRE CL 67 Y CL 69	5	134.056	0	10	17	27
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	258.594	25	10	20	55
17	CLL 80 ENTRE KR 11A Y KR 12A	5	117.013	25	10	15	50
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	137.980	0	10	20	30
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	96.808	25	10	15	50
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	134.817	40	10	18	68
24	CL 141 ENTRE KR 8C BIS Y TV 8	7	254.319	25	10	22	57
25	CL131 KR 8E Y KR 9	7	139.151	25	10	16	51
26	CL 141 KR 8 Y KR 8B	7	254.319	40	12	15	67
27	CL 140 KR 9 Y KR 12A	7	125.740	40	10	15	65
30	CL 139 ENTRE KR 8A Y 8B TV. 8	7	132.182	25	10	15	50
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	482.020	0	10	22	32
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	429.780	0	13	20	33
40	KRA 4B ENTRE CLL 74A Y CLL 76	9	119.942	25	10	16	51
42	CL 59 KR 1A Y KR 2	9	125.740	40	10	18	68
43	KR 2 CL 56 Y 58 A	9	352.064	40	12	18	70
51	KR 31 CL 20 Y ALTOS MIRAMAR	13	145.242	25	10	18	53

11. DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS

Esta propuesta considera la colocación de losa de concreto hidráulico sobre una capa de un material tipo base granular proveniente de cantera. Estas capas estarán soportadas sobre el mejoramiento de la subrasante que ha sido definido para para cada segmento en función de la resistencia mecánica del suelo.

Para la Definición del Diseño por realizar se considerará un Periodo de diseño: 20 años. Las metodologías de diseño corresponden a la PCA-84 para pavimentos rígidos.

Para el caso que nos compete se ha definido la presentación del diseño en losa de concreto, para el caso se indicará a continuación el desarrollo de esta alternativa para cada segmento en el tramo en estudio por tener tránsitos diferentes, para la presentación y definición de espesores se utilizará la metodología definida por la PCA.

Para la utilización del método de PCA; en primera instancia se establece la definición de los siguientes parámetros.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

- Tipo de concreto, éste hace referencia a la resistencia a la flexión del concreto a 28 días (módulo de rotura, MR), para el caso se considerará un valor de MR42 (4,2 MPa de Módulo de Rotura) por tratarse de niveles de tránsito bajo.
- Interacción de las juntas y la condición de berma, para el caso se utilizarán las consideraciones en las cuales se tendrá Junta de Transferencia y con elemento de Berma (en este caso asumiendo bordillos en todos los casos por ser vías de carácter urbano).
- Análisis de fatiga: Rotura del Elemento por Excesos de repeticiones de carga en el periodo de diseño, el método lo analiza por valores porcentuales, para el caso se establece un máximo de 100% y éste se mantendrá en el desarrollo y análisis por presentar.
- Análisis de erosión: Consiste en la mitigación de rotura del elemento por efecto de la deflexión en los bordes de la losa; ésta ocasionado por exceso de cargas o deficiencia en el apoyo de la misma; para el caso se establece un máximo de 100% y éste se mantendrá en el desarrollo y análisis por presentar.
- SECD de carga (FSC), distribución de carga por eje y número esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño: dada la condición se define un valor de 1.0 para este factor de seguridad, ya que no se contemplan tránsito de camiones trídem en gran volumen y dada la categoría de malla local.

Con base en lo anterior se determinan los procedimientos para la definición de los espesores de losa en el sector de análisis, siendo importante la presentación inicialmente del espectro de carga y el valor de la capacidad de soporte de los materiales que se encuentran subyacentes a la losa.

Con respecto a las capas anti-erosión no se consideran útiles en los segmentos diseñados debido al transito bajo que se reporta en los análisis de la Secretaria de Infraestructura de Ibagué y que fueron entregados a esta consultoría para el diseño.

Posterior a lo indicado se determina el valor del Módulo de Reacción de la Subrasante o capa de apoyo de la estructura de pavimento (capa de mejoramiento), para efectos de diseño se tomará como capa de soporte el modulo combinado de suelo y mejoramiento si llega aplicar según el segmento de diseño.

NOTA: Es importante mencionar que para los diseños en pavimento de losa de concreto se consideró la totalidad del tránsito expresado a 20 años, la condición de mejoramiento de la estructura sería como mínimo para un valor de módulo de rigidez de la capa granular remanente que para diseño se considera un valor de 100 MPa, considerando un CBR mínimo de 10% como mejoramiento de la subrasante arcillosa y en razón de ello se calcula el módulo combinado de soporte de la losa con una base granular de relleno.

NOTA: esta consultoría utiliza la información de transito suministrada por la entidad contratante y no realiza ajuste alguno a los valores allí reportados. El espectro de carga entregado en este anexo es una combinación de las repeticiones de carga según el TPD reportado por la entidad, y su influencia de acuerdo con el tipo de vehículo pesado.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de diseño PCA para cada segmento vial como es presentado en los capítulos iniciales de este informe.

Tabla 22. Espesores de diseño para pavimentos rígidos.

TRAMO	DIRECCIÓN	COMUNA	W18	CBRDiseño (%)	Mejoramiento Rajón (cm)	Mreq (PSI)	Keq (Mpa/m)	Tipo de Concreto Mr (MPa)	ESPESORES (cm) DLosa	BG-C	TOTAL
1	CL 11 ENTRE KR 2 SUR Y KR 1	1	140.696	1,1	40	6992	47,0	4,2	18,0	15,0	33,0
3	KR 12 ENTRE CL 14 Y CL15	2	188.437	4,02	25	10028	54,0	4,2	18,0	15,0	58,0
4	KR 12 ENTRE CL 1 Y 1 A	2	149.929	3,73	25	9664	53,0	4,2	18,0	15,0	33,0
5	KR 12 ENTRE CL16 BIS Y CL 17	2	388.867	7,4	0	11100	56,0	4,2	19,0	15,0	34,0
8	CL50 KR 6 Y KR 6A	4	188.437	2,9	40	10758	48,0	4,2	18,0	15,0	73,0
13	MZ U Y T KR 10D ENTRE CL 67 Y CL 68	5	139.118	1,5	40	8148	50,0	4,2	18,0	15,0	33,0
16	KRA 11 ENTRE CLL 67 Y CLL 68	5	150.402	5,4	0	8100	50,0	4,2	18,0	15,0	33,0
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	143.064	1,7	40	8710	51,0	4,2	18,0	15,0	73,0
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	176.679	4,2	25	10245	55,0	4,2	18,0	15,0	58,0
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	176.679	3,5	25	9362	53,0	4,2	18,0	15,0	58,0
32	KR 4F CL 115 Y CL 116	8	563.139	1,2	40	7449	48,0	4,2	20,0	15,0	75,0
34	CL 97B ENTRE KR 7 Y KR 7A	8	169.419	2,1	40	9511	53,0	4,2	18,0	15,0	33,0
36	KR 4A BIS ENTRE CL 87A Y CL 88	8	200.668	6,9	0	10350	55,0	4,2	18,0	15,0	33,0
37	KRA 4 ENTRE CLL 86 Y CLL 87	8	209.979	4,4	25	10478	55,0	4,2	18,0	15,0	33,0
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	140.617	1,1	40	7150	47,0	4,2	18,0	15,0	73,0
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	141.643	3,0	25	8657	51,0	4,2	18,0	15,0	58,0
46	KR 1A CL 32 Y CL 34	10	104.363	1,6	40	8485	49,0	4,2	18,0	15,0	33,0
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	145.036	7,7	0	11550	57,0	4,2	17,0	15,0	32,0
48	CALLE 43 ENTRE KRA 2 Y TV. 1	11	469.079	3,4	25	9227	53,0	4,2	20,0	15,0	35,0
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	121.600	3,3	25	9088	52,0	4,2	18,0	15,0	33,0

11.1. Cálculo de esfuerzos y deformaciones en pavimentos rígidos

Se presenta, a continuación, un análisis mecanicista de las respuestas críticas (esfuerzos, deformaciones, deflexiones) del pavimento y relacionarlas mediante el uso del modelo propuesto por PCA, 1984 con las repeticiones admisibles, a continuación, se presenta el desarrollo correspondiente soportado en el estado del arte.

Para el análisis de los esfuerzos y deformaciones debidas a carga se tiene el siguiente procedimiento:

- Carga en la esquina de la losa:

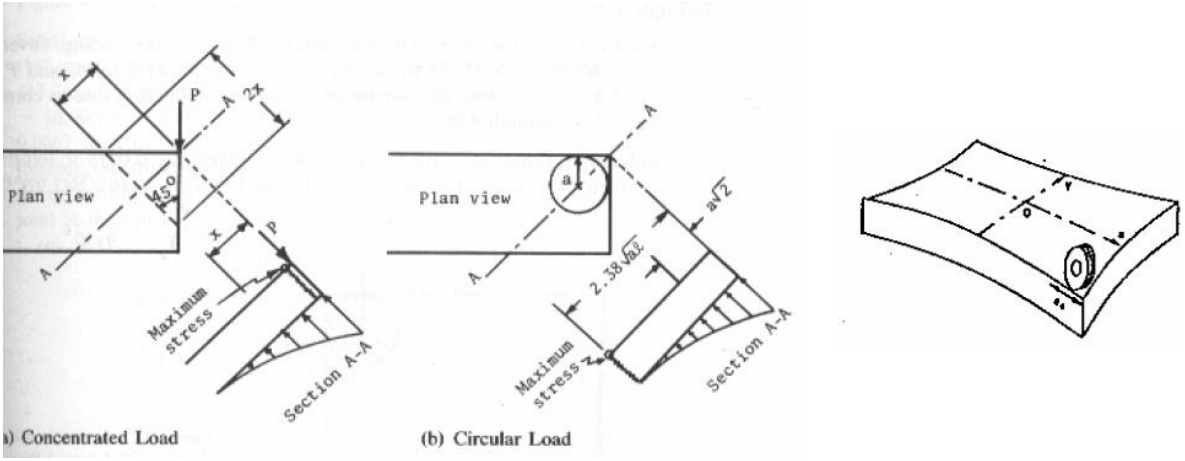


Ilustración 1. Carga en la esquina de la losa.
FUENTE: HUANG, 1993

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

❖ Westergaard (1926):

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2}\left[1-\left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)^{0.6}\right]$$

$$\Delta_c = \frac{P}{kl^2}\left[1.1-0.88\left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)\right]$$

Donde:

- σc: Esfuerzo producido por carga en la esquina.
- P: Carga del semieje.
- h: Espesor de la losa.
- a: Radio del área cargada.
- ℓ: Radio de rigidez relativa de la losa.
- Δc: Deformación producida por carga en la esquina.
- k: Módulo de reacción de la subrasante.

El momento máximo se presenta a una distancia $2.38\sqrt{al}$ del vértice de la losa.

❖ Ioannides (1985)

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2}\left[1-\left(\frac{c}{l}\right)^{0.72}\right]$$

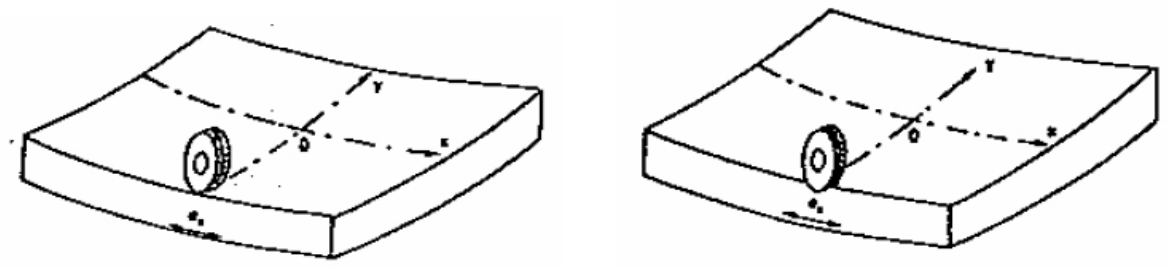
$$\Delta_c = \frac{P}{kl^2}\left[1.205-0.69\left(\frac{c}{l}\right)\right]$$

- σc: Esfuerzo producido por carga en la esquina.
- P: Carga del semieje.
- h: Espesor de la losa.
- c: Lado del cuadrado del área cargada equivalente. *c = 1.772a*.
- ℓ: Radio de rigidez relativa de la losa.
- Δc: Deformación producida por carga en la esquina.
- k: Módulo de reacción de la subrasante.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

El momento máximo se presenta a una distancia $1.80c^{0.32}$ / $^{0.59}$ del vértice de la losa.

❖ Esfuerzos y Deformaciones por Carga en el Borde. Westergaard (1926-48). Ioannides (1985))



(a) Carga aplicada sobre un área circular

(b) Carga aplicada sobre un área semicircular

Ilustración 2 Carga en el borde de la losa.

$$\sigma_{e(circulo)} = \frac{3(1+\mu)P}{\pi(3+\mu)h^2}\left[\ln\left(\frac{Eh^3}{100ka^4}\right)+1.84-\frac{4\mu}{3}+\frac{1-\mu}{2}+\frac{1.18(1+2\mu)a}{l}\right]$$

$$\Delta_{e(circulo)} = \frac{\sqrt{2+1.2\mu}\times P}{\sqrt{Eh^3k}}\left[1-\frac{(0.76+0.4\mu)a}{l}\right]$$

$$\Delta_{e(semicirculo)} = \frac{\sqrt{2+1.2\mu}\times P}{\sqrt{Eh^3k}}\left[1-\frac{(0.323+0.17\mu)a}{l}\right]$$

Donde:

- σe: Esfuerzo producido por carga (circular y semicircular) en el borde.
- μ: Relación de Poisson del concreto.
- P: Carga del semieje.
- h: Espesor de la losa.
- ℓ: Radio de rigidez relativa de la losa.
- Δe: Deformación producida por carga (circular y semicircular) en el borde.
- k: Módulo de reacción de la subrasante.

Esfuerzo de fricción:

$$\sigma_{fricción} = \frac{\chi_c \times L \times f_a}{2}$$

Donde:

- σ fricción: Esfuerzo de tensión en la losa por fricción con el apoyo.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

- *X*c: Densidad del concreto. δc = 0.08680556 pci = 0.0236 MN/m3.
- L: Longitud de la losa.
- Fa: Coeficiente promedio de fricción entre la losa y el apoyo. Puede adoptarse un valor de 1.5.

11.2. Verificación de esfuerzos térmicos y de carga en la losa

Con el fin de verificar los esfuerzos al interior del centro geométrico de las losas y validar las dimensiones, se calculan los esfuerzos máximos por alabeo en las dos direcciones [1].

$$\sigma_x = \frac{E\alpha_t \Delta t}{2(1-\mu^2)}\left(C_x + \mu C_y\right)$$

$$\sigma_y = \frac{E\alpha_t \Delta t}{2(1-\mu^2)}\left(C_y + \mu C_x\right)$$

Donde

- σ_x: Esfuerzo interior máximo por alabeo en la dirección x (lb/pulg²)
- σ_y: Esfuerzo interior máximo por alabeo en la dirección y (lb/pulg²)
- E: Módulo de elasticidad del concreto (lb/pulg^2)
- α_t: Coeficiente de expansión térmica del concreto (pulg/°F)
- Δt: Diferencia de temperatura entre la cara superior y la inferior de la losa (°F)
- μ: Relación de Poisson del concreto
- C_x y C_y: Factores de corrección por losa finita

Los factores C en cada dirección se determinan con la curva desarrollada por Bradbury y que se presenta en la Ilustración 3.

[1] Sandoval H, Carlos H. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Vol II. UPTC Tunja 2011.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

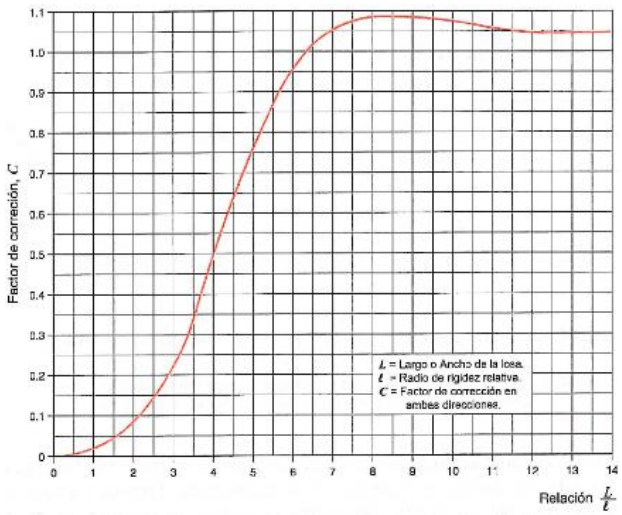


Ilustración 3 Curva de Bradbury para determinar los factores de corrección C.

Las consideraciones de Bradbury contemplan que los coeficientes C son inversamente proporcionales al módulo de reacción de la subrasante (k), por lo tanto, los esfuerzos por alabeo se incrementan cuando el soporte es muy rígido ya que este no puede asumir el contorno del pavimento.

Por otro lado, los coeficientes C son directamente proporcional a la longitud de la losa, por lo tanto, el incremento de ésta aumenta los esfuerzos por alabeo térmico.

Los coeficientes C dependen de la relación C/l donde l es radio de rigidez relativa (pulg) expresado como se presenta a continuación.

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$$

Con

- h: Espesor de la losa (pulg)
- k: Módulo de reacción de la subrasante (pci)

Con base en lo anterior, se verificaron los esfuerzos por carga y temperatura en losas de pavimento con anchos máximos de 4.0 m y modulo de rotura del concreto de 4.2 MPa. Todos los resultados cumplen los criterios de falla en el centro de la losa, las esquinas y bordes transversales.

Todos los resultados de calculo se presentan en el **Anexo V: Memorias de Calculo**.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

12. CONCLUSIONES

El presente informe muestra el estudio para el diseño de 42 segmentos viales que integran la malla local de movilidad en Ibagué, departamento del Tolima, los cuales clasifican como vías locales de tráfico bajo. Para establecer las condiciones de tráfico de los segmentos se tomo como fuente de información, los análisis y proyecciones de transito suministradas por la Secretaria de Infraestructura de Ibagué. No se realizaron modificaciones a dicho insumo, y se resalta que el diseñador hace uso de esta información para el calculo de espesores del pavimento.

El documento describe la campaña de exploración realizada para el diseño de los segmentos, la cual contó con un total de 130 apiques para los 42 segmentos analizados. Dentro de los hallazgos de esta campaña, se encuentran estructuras flexibles y rígidas muy deterioradas apoyadas sobre materiales granulares y rellenos en material clasificado de espesores variables. En todos los apiques se recolectaron muestras de suelo para análisis en laboratorio. Las capacidades de soporte del suelo se han evaluado en la campaña exploratoria mediante ensayos de CBR, encontrando que los suelos presentan aceptable resistencia mecánica en condición de humedad natural, pero que esta desciende rápidamente con el aumento en el contenido de agua. Cuestión que fue tenida en cuenta por esta consultoría para la definición de la resistencia del suelo en cada segmento.

En ninguno de los tramos se identifica presencia del nivel freático hasta la profundidad máxima de exploración (1,50m), por lo cual no se considera que pueda haber riesgo de saturación de las capas granulares o de las capas asfálticas. No obstante, estas actividades de repavimentación deben acompañarse de laborares de mantenimiento como limpieza de pozos y sumideros. Cualquier aposamiento de agua puede corregirse con las actividades de restauración comentadas en este informe, dando el bombeo suficiente a la vía y evacuando el agua hacia cunetas y sumideros. De otro lado, la exploración de suelos detecto algunas redes de servicios públicos a baja profundidad, las cuales debe ser tenida en cuenta durante las operaciones constructivas. Los segmentos en donde se ubicaron las redes son:

- MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68.
- CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10.
- CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2

Los parámetros estructurales y de módulos de las diferentes capas usadas fueron estimados con base en las correlaciones publicadas por AASHTO. Los módulos resilientes de suelos fueron determinados a partir de resultados de CBR bajo condición de inmersión y a 0.1” de deformación, previniendo posibles remoldeos, saturaciones o condiciones criticas durante la construcción. En los casos en los cuales no se conto con ensayos de CBR, el valor de referencia para diseño se tomó a partir de resultados de pruebas dinámicas de campo tipo PDC, norma INV E172.

Finalmente, se plantean espesores de diseño para pavimento flexible (ver Tabla 21) y pavimento rígido (ver Tabla 22) los soportes de cálculo de dichas estructuras se presentan en los anexos a este informe. Es importante que sean revisadas las recomendaciones constructivas del capítulo 14 para tener en cuenta durante la construcción de cada alternativa.

Todas las actividades constructivas se sugieren sean realizadas bajo especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS 2022.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

13. RECOMENDACIONES ADICIONALES

13.1. Generales

Como proceso constructivo se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la intervención:

INSTALACIÓN DE CAPAS DE BASE Y SUBBASE GRANULAR

La instalación de las capas de base y subbase granular se realizarán cuando la superficie sobre la cual quedarán apoyadas presente la calidad, densidad, cotas y secciones indicadas dentro de los documentos del proyecto, previamente deberá estar concluido todo lo relacionado con los sistemas de drenaje recomendados de acuerdo con el Estudio y Diseño de Redes.

La superficie donde se dispondrá el material se deberá encontrar suficientemente seca y compacta para evitar que se produzcan ahuellamientos o desplazamientos en ella. El material se extenderá en todo el ancho previsto, en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

La cantidad de material extendido será 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 deberá colocar en dos (2) o más capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control acá descritos. El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado y/o que normalmente se utiliza, se podrán compactar por otros medios adecuados, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.
La compactación se efectuará 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 hará del borde inferior al superior.

Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa granular, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

INSTALACIÓN DE CAPAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

La instalación de las mezclas asfálticas se realizará cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se va a extender tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas en el proyecto. Se deberá verificar que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

La mezcla será extendida por medio de una máquina pavimentadora, de modo que se cumplan con los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos y/o documentos del proyecto. La extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir de los bordes de la vía. Se deberán realizar la menor cantidad de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido.

La pavimentadora se regulará 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 y/o documentos del proyecto. La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible.

En aquellos sitios de muy corta longitud en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla podrá ser extendida con herramientas manuales. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos y/o documentos del proyecto.

La compactación deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, y se continuará mientras la mezcla se halle en condiciones de compactarse hasta lograr los niveles de densidad especificados.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro y traslapando a cada paso hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora y sus cambios de dirección se harán con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, se chaflanarán ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad especificados y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

INSTALACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

La instalación del concreto se realizará cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se va a extender tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas en el proyecto. El concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación, la aparición de vacíos y logrando alcanzar la densidad adecuada y el contenido de aire especificado.
La colocación puede realizarse mediante extendido con formaletas fijas. El concreto debe ser extendido, enrasado y compactado por uno o más equipos, que deben distribuir y compactar uniformemente el concreto, sin segregación de forma que se obtenga la sección requerida con un mínimo de trabajo manual. Sobre el uso de formaletas deslizantes se deduce y se concluye que, para el proyecto que nos atañe y teniendo en cuenta las zonas de trabajo (donde se tienen limitaciones de ancho, restricciones de tráfico, espacio disponible para desplazar el equipo), no se hace posible tener equipos automatizados para la implementación de formaletas deslizantes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm2). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, deben ser definidos en los documentos técnicos del proyecto; sino están definidos, se debe consultar con el diseñador del proyecto.

13.2. Drenajes

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. Aunque de acuerdo al análisis de drenaje de este informe se concluye un riesgo bajo por afectación de agua en la estructura de pavimento, es importante que se mantengan buenas condiciones de pendiente para drenaje superficial y complementar con el mantenimiento de estructuras como sumideros pozos y alcantarillas.

Además de las consideraciones anteriores, tener en cuenta lo siguiente:

- Inspeccionar zonas del pavimento con puntos bajos, a fin de que las actividades de restauración logren un perfilamiento adecuado de la superficie final, evitando aposamiento de agua.
- Si es necesario establecer pendientes de bombeo con un espesor variable de mezcla asfáltica, que en cuyo sector más bajo tenga como mínimo 5 cm de espesor, garantizando el diseño presentado en este informe.
- Realizar mantenimiento de pozos y sumideros.

13.3. Presencia de vegetación

En varios de los segmentos analizados se identifica la presencia de árboles de gran tamaño que pueden producir cambios importantes en el contenido de humedad del suelo y en consecuencia grandes compresiones volumétricas en el material de subrasante que se traduce en deformaciones excesivas en la vía que pueden amenazar la estabilidad de las intervenciones que se propongan.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

La presencia de zonas verdes aledañas a las vías marca un abrupto cambio en los patrones de infiltración y evaporación y por ende en los frentes de saturación de la subrasante. Los procesos de deformación volumétrica en la subrasante se acentúan drásticamente durante periodos de verano, época en la cual se produce un gran déficit de humedad en el subsuelo y las raíces de los árboles se extienden hacia las zonas más húmedas para absorber agua. Evidentemente las zonas que se encuentran debajo de las vías, son las zonas que presentan menor variación de humedad ya que están expuestas a mínimos procesos de infiltración y evaporación, por lo cual las raíces de árboles en zonas adyacentes tienden a avanzar en dirección de las vías o andenes.

La longitud de penetración de las raíces y su zona de afectación dependen en gran medida del tipo de especie que se identifique y de la altura que presenten. (Jones, Venus, & Gibson, 2006) presentan un estudio particular sobre los efectos de los árboles sobre los daños a las cimentaciones de estructuras, en el cual reportan la zona de influencia con relación a la localización del árbol, en donde se pueden presentar problemas serios de asentamientos. En la Figura 13 se presenta la extensión de la zona de influencia según el tipo de árbol. Se aprecia que esta puede estar entre 5m y 18m con relación al tronco del árbol. De acuerdo con este resultado, la distancia mínima para poder evitar los efectos nocivos de los árboles sobre las estructuras de las vías será como mínimo de 5m en el mejor de los casos. Sin embargo, en zonas de vías urbanas es muy común que los árboles estén a menos de 1m del paramento de la vía, con lo cual es inevitable este efecto en caso de encontrar presencia de suelos compresibles en la subrasante.

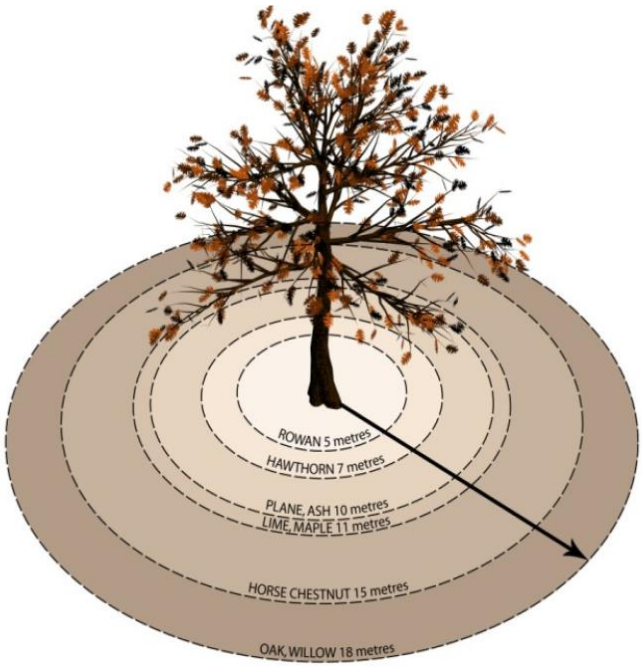


Figura 13. Zona de influencia de algunos árboles comunes en el Reino Unido (Jones, Venus, & Gibson, 2006).

Se debe realizar un inventario de los segmentos que presentan arboles de gran tamaño en las zonas adyacentes a la vía y que puedan generar estas patologías. Se recomienda el reemplazo de las especies foráneas, o el tratamiento mediante poda radicular y la construcción de barreras profundas (como mínimo 2.0m de profundidad) con el fin de

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

proteger la calzada de las deformaciones volumétricas por este efecto. En caso que no se realice ningún tipo de intervención, se prevé la generación de fisuras, por lo cual se requerirá un mantenimiento más frecuente. Como medida adicional, en caso de encontrarse suelos orgánicos durante la excavación para la intervención propuesta, éstos deberán ser reemplazados en su totalidad por material granular.

14. LIMITACIONES

Todos los diseños presentados en este informe obedecen a los resultados de la campaña de exploración realizados apiques localizados en sitios puntuales. Es posible que en obra se presenten variaciones localizadas de las condiciones de los suelos o de los espesores de las estructuras, dadas la gran variabilidad que pueden presentar estas estructuras aún en tramos cortos. Cualquier diferencia observada en campo con respecto a lo aquí consignado deberá ser informada el ingeniero especialista para prever las acciones respectivas.

15. REFERENCIAS

AASHTO. (1988). *Manual on Subsurface Investigations.* Washington D.C.

AASHTO. (1993). *AASHTO Guide of Pavement Structures.* Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials .

AASHTO. (2007). *AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design.* Washington D.C.

Administration Federal Highway. (2002). *GETOECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR No 5.* Washington.

Google. (2018). *Google Earth.*

Heukelom, W., & Klomp, A. J. (1962). Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. *Preceedings 1st International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements* , 667-685.

Instituto Nacional de Vías. (2008). *Guia Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfalticos de Carreteras.* Bogotá: INVIAS.

Jones, L. D., Venus, J., & Gibson, A. D. (2006). *Trees and foundation damage.* England: British Geological Survey Comissioned Report.

Róndon Quintana, H., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *Pavimentos Materiales, construcción y diseño.* Bogotá: ECOE Ediciones Ltda.

Servicio Geológico Colombiano. (7 de Junio de 2016). *Amenaza Sismica*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2018, de Servicio Geológico Colombiano: https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

16. Anexo I: registro fotográfico y levantamiento de daños superficiales

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

17. Anexo II: Exploración geotécnica.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

18. Anexo III: Resultados de laboratorio.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

19. Anexo IV: certificados de calibración.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

20. Anexo V: Memorias de Calculo.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

21. Anexo VI: proyección de transito

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.