- Continuación Diseño Geométrico

"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE 10 KM DE VÍAS URBANAS Y/O RURALES EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DE ACUERDO CON LAS METAS E INDICADORES ESTABLECIDOS EN EL PLAN DE DESARROLLO "GOBIERNO DE LA GENTE "2020-2023".

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS BARRIOS SAN FRANCISCO Y ROBLES DEL NORTE EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el diseño geométrico para la construcción de pavimento en concreto hidráulico en los barrios San Francisco y Robles del Norte en el municipio de Montería - departamento de Córdoba.

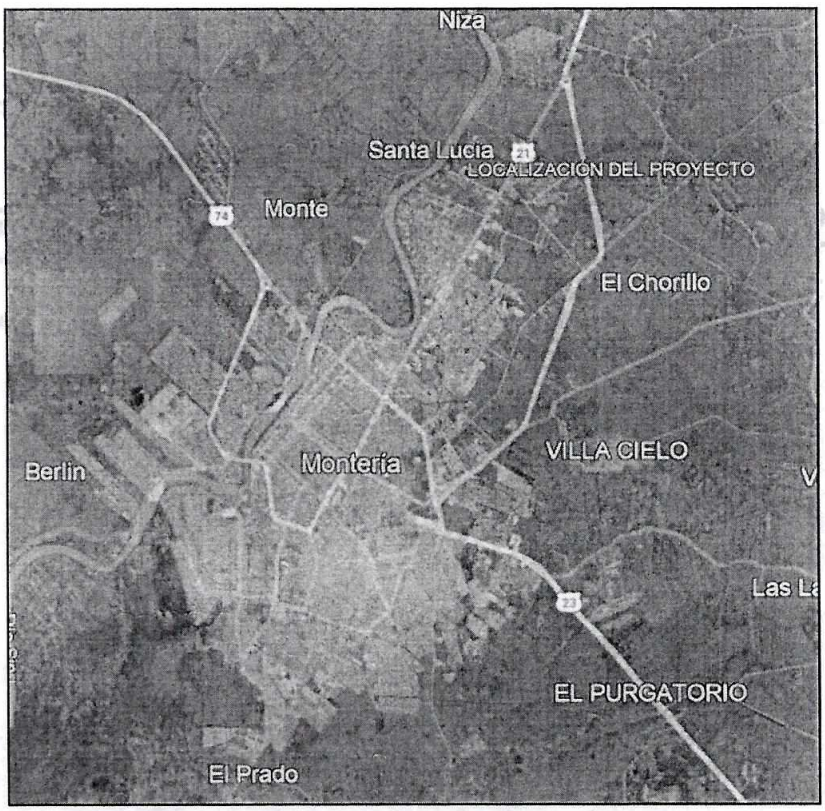


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 0.66 Km m de pavimento hidráulico (DOBLE CALZADA) correspondiente al siguiente tramo:

ITEM	DIRECCIÓN	COMUNA/ CORREGIMIENTO	BARRIO/VEREDA
12	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (DOBLE CALZADA)	8	SAN FRANCISCO – ROBLES DEL NORTE

Tabla 1. Tramos de vías a construir.
Fuente: Suministrado por el solicitante.

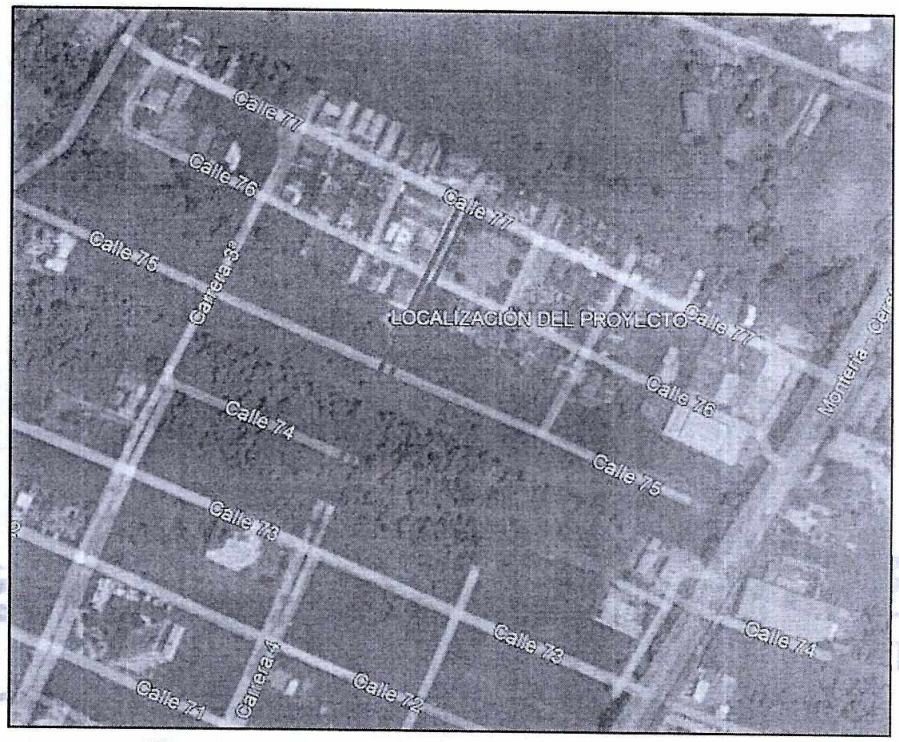


Figura 2. Localización del proyecto en el barrio.
Fuente: Google Earth.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES.

2.1. Objetivo.

Diseñar un modelo de carretera sobre el plano topográfico para la construcción de pavimento en concreto rígido en la vía que es objeto de estudio, siguiendo los parámetros y lineamientos establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2. Alcances.

- Determinar criterios y normas establecidas que se puedan adoptar a las condiciones actuales de la topografía de nuestra vía existente, ajustándonos a los parámetros del

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

- Determinar los valores típicos que cumplan con las expectativas de ancho transversal, pendiente longitudinal mínima, bombeo y peralte mínimo, de acuerdo a las condiciones topográficas de la zona.
- Ajustar a condiciones óptimas todos los parámetros de diseños en trazado horizontal y vertical determinadas por velocidad de diseño.
- Garantizar la seguridad en el recorrido de la vía tanto a los conductores como a los peatones ajustando la velocidad al tipo de zona.
- Presentar los criterios y carteras de diseños relacionados en el programa AutoCAD Civil 3D con los elementos de curvatura horizontal, vertical, coordenadas de localización del trazado, cotas de diseño y movimiento de tierras serán presentadas en ANEXOS.

3. GENERALIDADES.

3.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

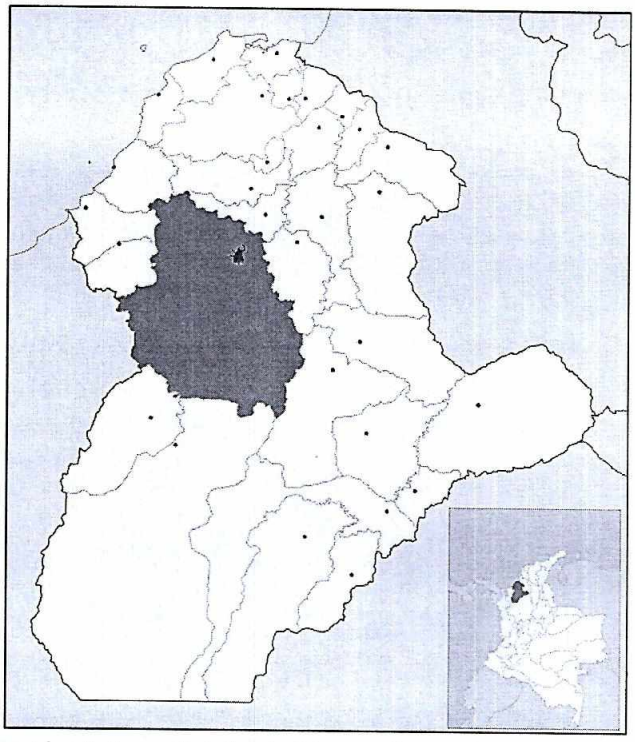


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.



Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

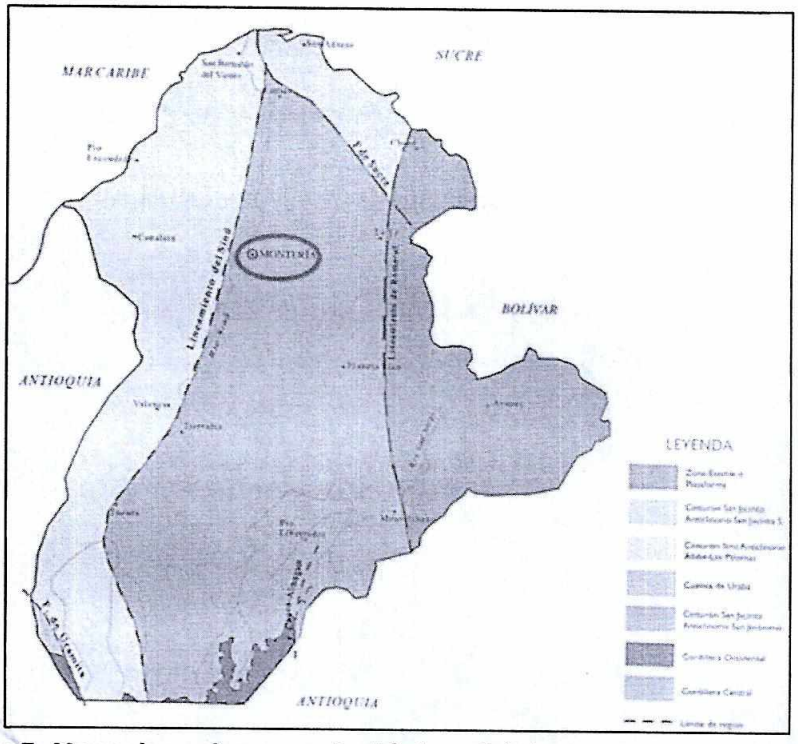


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El depósito encontrado en el proyecto corresponde a:

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales.

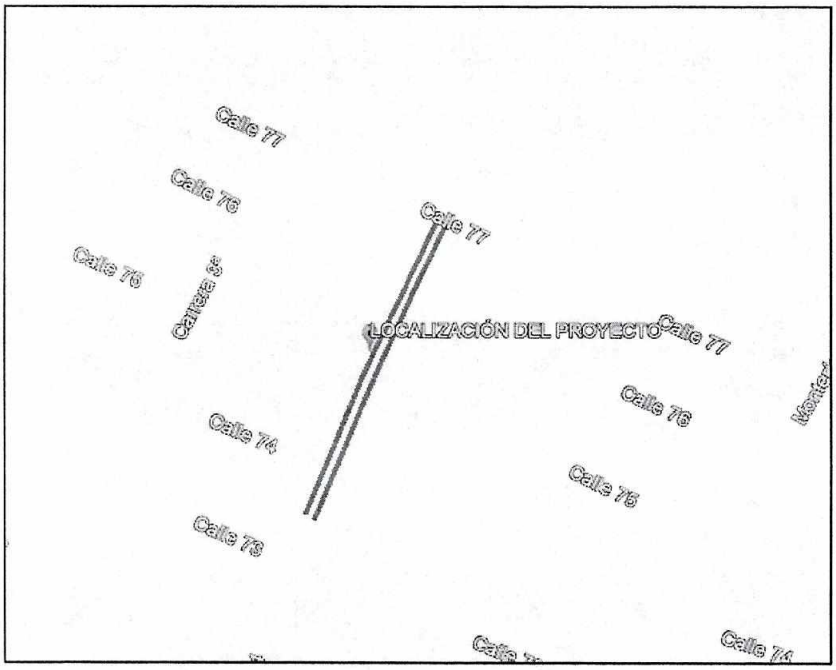


Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

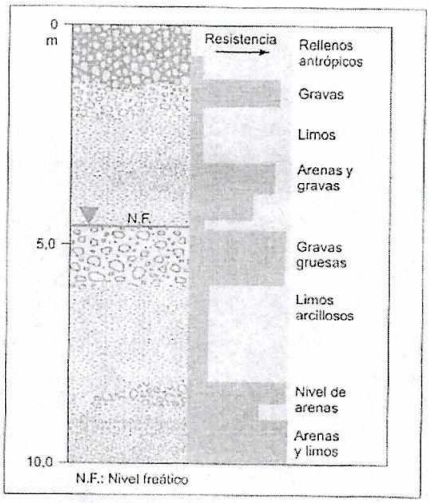


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

3.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

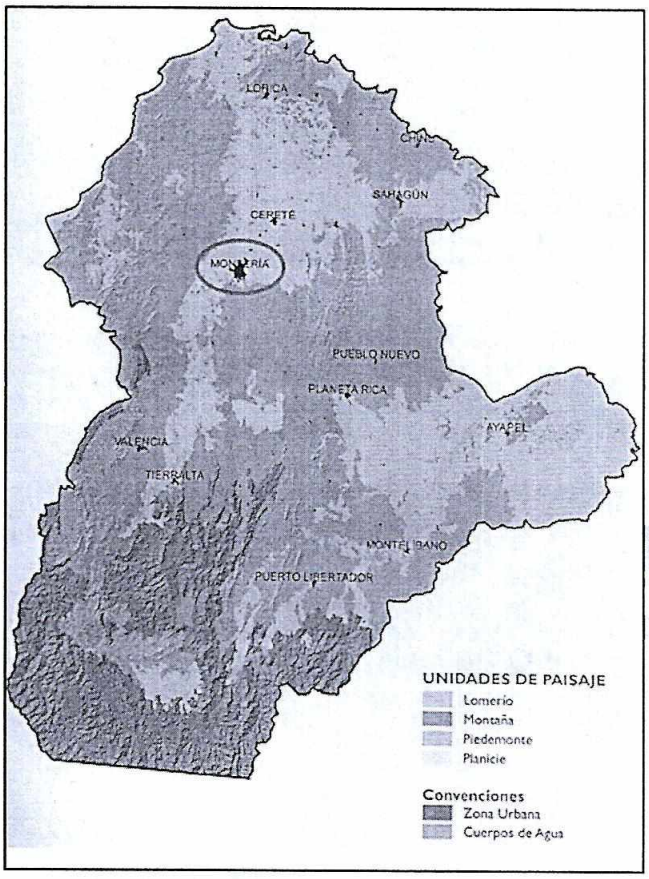


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

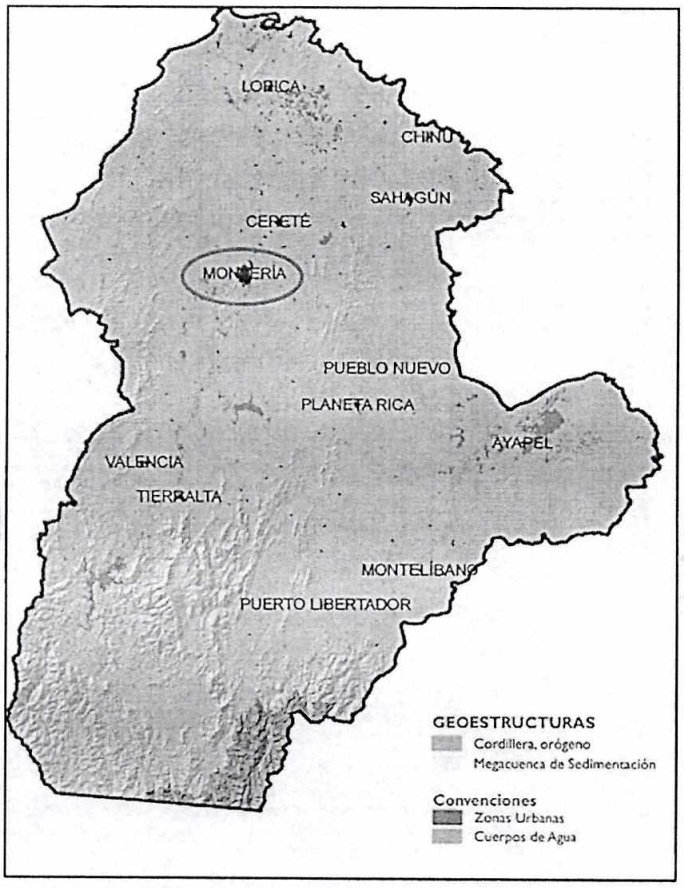


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos

microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

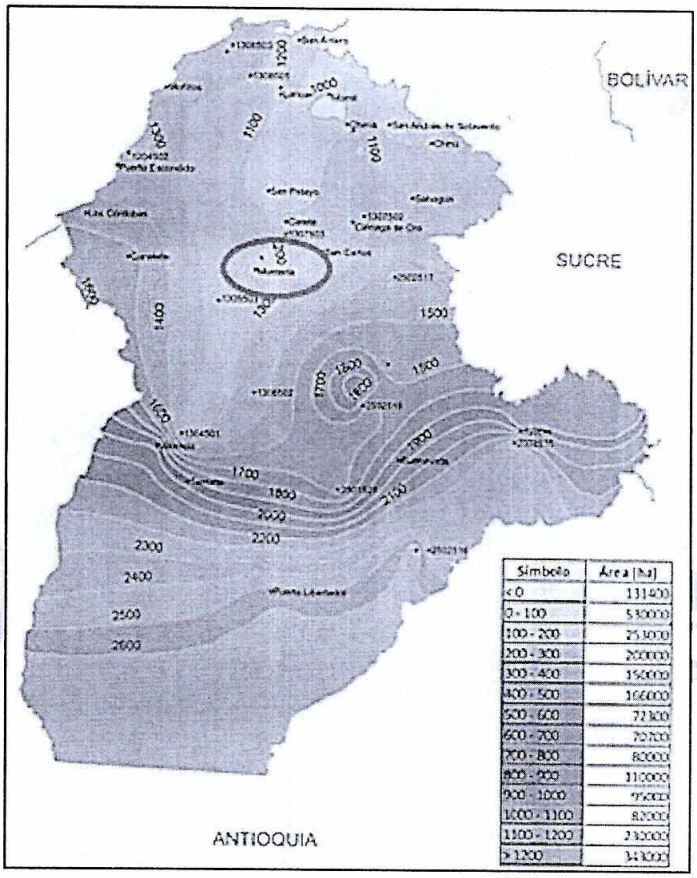


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

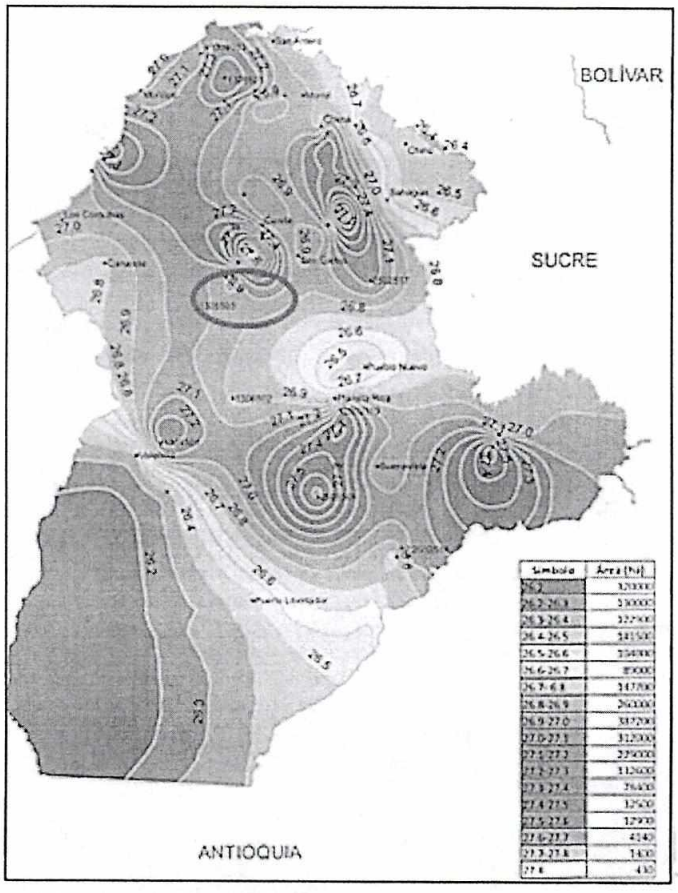


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

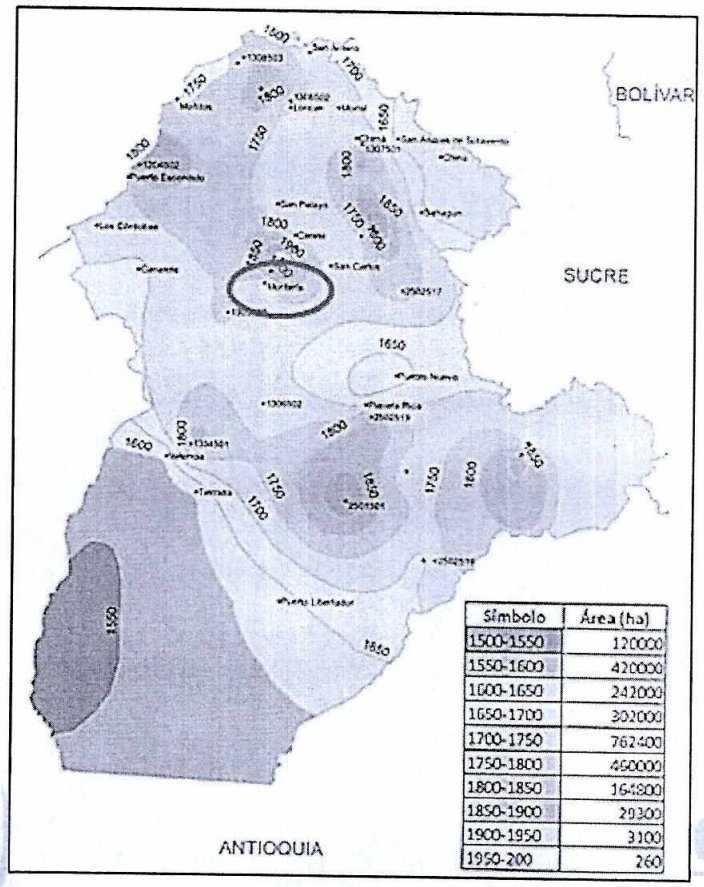


Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños

bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

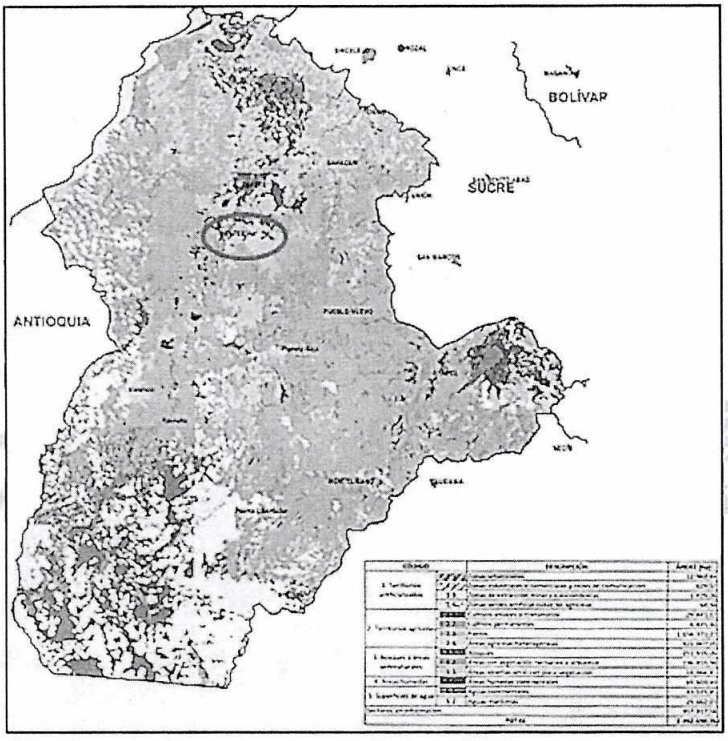


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

4. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO.

4.1. Reglamento de diseño y software empleado.

4.1.1. Reglamentos de diseños utilizados.

Para el diseño geométrico se adoptaron las consideraciones establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS).

4.1.2. Software de diseño utilizado.

Adicionalmente para la elaboración del diseño geométrico se utilizó principalmente el programa de diseño de ingeniería AutoCAD Civil 3D 2019 y herramientas informáticas para la realización automatizada de cálculos, búsqueda, transformación de coordenadas y otras actividades tales como Microsoft Excel y Google earth.

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO.

Las vías cuentan con una topografía plana ya que sus pendientes longitudinales y transversales son relativamente bajas.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía.

De acuerdo con los lineamientos de diseño, las limitantes correspondientes a paramentos y pavimentos existentes, se definen las siguientes características:

Clasificación de la Vía:	Vías urbanas predominante planas.
Longitud de Diseño:	326.131 m sentido Norte-Sur 325.544 m sentido Sur-Norte
Velocidad de Diseño:	30 km/h
Velocidad de Especifica:	30 km/h
Ancho de Carril:	3.50 m por sentido.
Bombeo Normal (BN):	2.00%

Tabla 3. Características de las vías.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera.

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del

trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad.

La velocidad de diseño se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciana	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Tabla 4. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.
Fuente: Tabla 2.1 M.D.G. INVIAS

Las vías a diseñar están constituidas por un terreno plano y están localizadas en el casco urbano de municipio, que podría ser clasificada como de categoría terciaria de una sola calzada. La velocidad de diseño para estas especificaciones es de 40 Km/hr, sin embargo, por tratarse de vías urbanas con vías que la interceptan y con flujo de vehículos considerable se limita a 30 Km/hr.

5.3. Velocidad especifica de la curva horizontal.

Para asignar la Velocidad Específica (VCH) a las curvas horizontales incluidas en un tramo homogéneo, se considera como parámetro la velocidad de diseño del Tramo homogéneo (VTR) en que se encuentra la curva horizontal.

La Velocidad Específica de las curvas horizontales (VCH) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo (VCH ≥ VTR) ni superior a ésta en veinte kilómetros por

hora (VCH ≤ VTR + 20). Por lo tanto, la velocidad específica se encuentra en 30 Km/hr.

5.4. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una Velocidad Específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.).

El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 (1)
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

Tabla 5. Radios mínimos para peralte máximo e máx=6% y fricción máxima
Fuente: Tabla 3.3 M.D.G. INVIAS

De acuerdo con la velocidad específica se determina un radio mínimo de 21 m.

5.5. Cálculo de la rasante y curvas verticales.

Para la determinación de las curvas verticales ya sean simétricas o asimétricas, cóncavas o convexas se deben considerar diferentes criterios

- **Criterio de seguridad:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

- **Criterio de operación:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- **Criterio de drenaje:** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada. Resaltando que el parámetro a utilizar para el cálculo de las curvas circulares en el presente estudio es el

parámetro K, ya que la adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

El diseño vertical se definió con base al nivel superior de la rasante de pavimento, ajustándose lo mejor posible a la topografía actual del terreno y mejorando las condiciones en la zona, de acuerdo con los puntos obligados como lo son los pavimentos ya construidos, y los puntos bajos de drenaje del agua.

El diseño de curvas verticales se realizó con base al parámetro K, de igual manera buscando la mejor condición al terreno y mejora en la visibilidad de parada. Se define una pendiente mínima del 0.20%, teniendo en cuenta el comportamiento de la escorrentía en la zona y la topografía mayormente plana. El diseño planteado busca garantizar el buen recorrido de las escorrentías superficiales a puntos claves de estructuras hidráulicas existentes o por construir.

En algunas abscisas se realizó las mejoras del alineamiento vertical para proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad, comodidad y seguridad a los usuarios de la vía.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CV} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K_{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 [1]
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 [1]
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Tabla 6. Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales.
Fuente: Tabla 4.4 M.D.G. INVIAS.

El valor de K min seleccionado para curvas convexas es 2 y para curvas cóncavas es 6.

5.6. Diseño transversal, ancho de calzada y bombeo.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de

terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGENEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Ancho de calzada en metros.
Fuente: Tabla 5.2 M.D.G. INVIAS.

De acuerdo con la velocidad de diseño y el tipo de terreno, el manual recomienda el uso de vías de 6.00 m de ancho, sin embargo en este caso se utilizara 7.00 m para cada sentido por la disponibilidad de espacio y el empalme con vías de esas medidas.

En la siguiente tabla se indica la inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura:

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Tabla 8. Determinación del bombeo de la vía a diseñar.
Fuente: Tabla 5.3 M.D.G. INVIAS.

Para el presente estudio geométrico se adopta un doble bombeo del 2.00%.

5.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera.

El método más empleado en el diseño de carreteras, consiste en girar el pavimento de alrededor de su línea central, permitiendo un desarrollo más armónico y generando menor distorsión de los bordes de la corona.

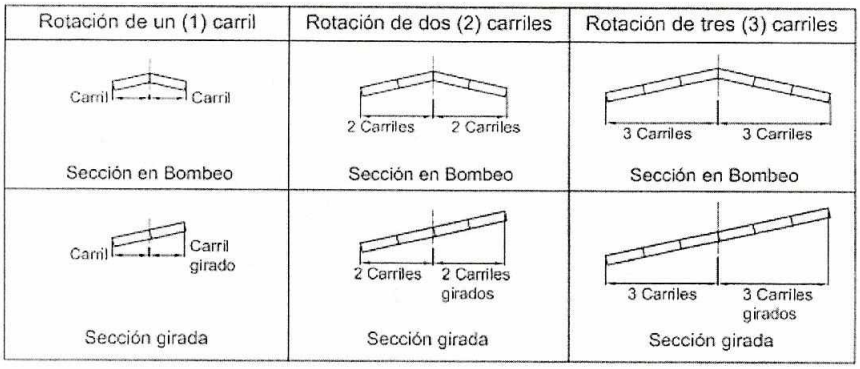


Figura 14. Calzada girada alrededor del eje.
Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.

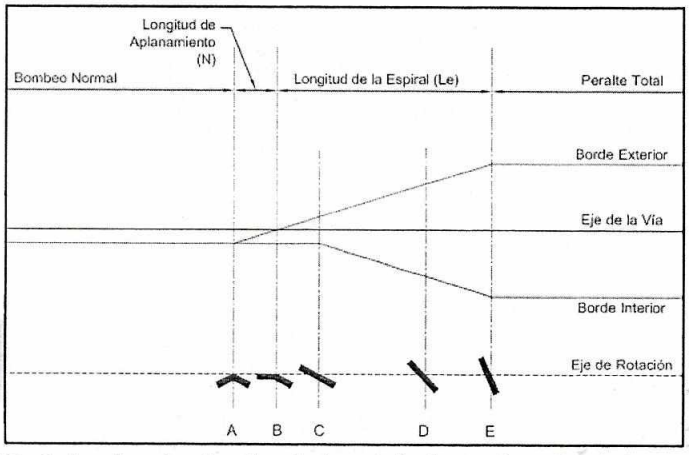


Figura 15. Calzada girada alrededor del eje en longitud de transición.
Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.

5.8. Secciones transversales típicas de diseño.

A continuación, se presenta la sección típica utilizada en el diseño de las vías:

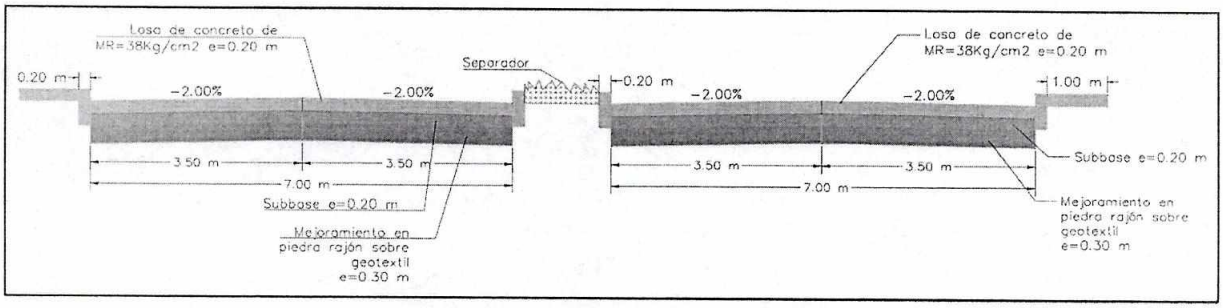


Figura 16. Sección transversal típica.
Fuente: laborada por la presente consultoría.

6. ANEXOS.

En los próximos anexos 1, 2, 3, 4 y 5 se puede observar la información suministrada de cada una de las características propuestas por el diseñador para la mejor ejecución de las vías a construir:

- Cantidades de corte y de relleno.
- Perfil longitudinal con diseño vertical.
- Proyección vial con diseño horizontal.
- Secciones transversales.
- Cotas del terreno natural.
- Cotas de diseño (Eje de Vía).
- Cotas de bordes de diseño (Borde Izquierdo y Derecho).
- Ancho de calzada de diseño.
- Pendiente longitudinal.

7. CONCLUSIONES.

Al realizar el presente informe se generan las siguientes conclusiones:

- Los parámetros de diseño de las vías se determinan a partir de la velocidad de diseño de 30 Km/h, ajustándose el diseño al manual de diseño geométrico del INVIAS y en algunos casos a las condiciones actuales de las vías.
- La vía a diseñar corresponde a una vía doble calzada, y se realiza el diseño para ambos sentidos de forma independiente, verificando al final el empalme a través del separador.
- Se diseñan las vías para un ancho de 7.00 m por calzada.
- Se utiliza un andén de 1.20 m de ancho.

8. RECOMENDACIONES.

Al realizar el presente informe se generan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.
- Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico, reflejada en un plano de donde se pudo observar

las direcciones de flujo de escorrentías superficiales.

9. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Instituto geográfico Agustín Codazzi, "Estudio general de suelos y zonificación de tierras – Departamento de Córdoba". Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2009.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.
- Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS. 2008.

10.LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

El presente documento se elabora en función de unas condiciones de tránsito adoptadas y consideraciones particulares de los suelos y capas existentes. Es indispensable que durante las obras se lleven a cabo los controles de calidad del caso, en cuanto a idoneidad de los materiales y garantizar los espesores del diseño. Cualquier cambio que se realice sin previo conocimiento por parte del consultor durante las obras no garantizará tales situaciones.

En los casos en que las verificaciones durante la etapa de obra arrojen la conclusión de que los supuestos de diseño se han alterado, deberá llevarse a cabo el correspondiente proceso de ajuste de los diseños, de modo que éstos se validen.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, noviembre de 2022.

ANEXO 1.
CARTERA DE VOLÚMENES

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CANTIDADES DE CORTE Y RELLENO

Localización:	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (sentido S-N)					
Abscisa inicial:	K0+000.00		Abscisa final:	0+325.537		
	VOLUMEN DE CORTE			VOLUMEN DE RELLENO		
ABSCISA	Área de corte (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de corte acumulado (m3)	Área de relleno (m2)	Volumen de relleno (m3)	Volumen de relleno acumulado (m3)
0+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.000	4.86	12.14	12.14	0.15	0.38	0.38
0+010.000	3.87	21.82	33.97	0.30	1.12	1.50
0+015.000	3.05	17.30	51.26	0.43	1.81	3.31
0+020.000	2.62	14.18	65.44	0.51	2.34	5.66
0+025.000	2.97	13.99	79.43	0.40	2.28	7.94
0+030.000	3.38	15.87	95.30	0.29	1.72	9.65
0+035.000	3.82	17.99	113.30	0.18	1.16	10.81
0+040.000	4.25	20.18	133.48	0.08	0.64	11.45
0+045.000	4.70	22.39	155.86	0.02	0.24	11.69
0+050.000	5.16	24.67	180.53	0.00	0.07	11.76
0+055.000	5.56	26.81	207.34	0.00	0.02	11.78
0+060.000	5.92	28.70	236.04	0.00	0.00	11.78
0+065.000	6.05	29.92	265.96	0.00	0.00	11.78
0+070.000	5.63	29.22	295.18	0.00	0.00	11.78
0+075.000	5.22	27.14	322.32	0.00	0.00	11.78
0+080.000	4.93	25.39	347.71	0.01	0.03	11.81
0+085.000	4.68	24.03	371.74	0.02	0.08	11.89
0+090.000	4.53	23.02	394.76	0.03	0.12	12.01
0+095.000	4.47	22.51	417.28	0.05	0.19	12.20
0+100.000	4.48	22.38	439.66	0.07	0.31	12.51
0+105.000	4.69	22.92	462.59	0.10	0.44	12.95
0+110.000	4.67	23.40	485.99	0.13	0.57	13.52
0+115.000	4.60	23.19	509.17	0.15	0.70	14.23
0+120.000	4.54	22.87	532.04	0.18	0.82	15.05
0+125.000	4.48	22.57	554.61	0.20	0.93	15.98
0+130.000	4.43	22.28	576.89	0.21	1.03	17.01
0+135.000	4.39	22.04	598.93	0.21	1.06	18.07
0+140.000	4.40	21.97	620.91	0.16	0.92	18.99
0+145.000	4.51	22.28	643.18	0.12	0.70	19.69
0+150.000	4.60	22.77	665.95	0.17	0.73	20.42
0+155.000	4.56	22.90	688.85	0.26	1.08	21.51
0+160.000	4.64	23.01	711.86	0.39	1.62	23.13
0+165.000	4.66	23.27	735.13	0.45	2.09	25.21
0+170.000	4.41	22.67	757.80	0.49	2.33	27.54
0+175.000	4.09	21.26	779.06	0.57	2.63	30.17
0+180.000	3.44	18.85	797.90	0.61	2.95	33.12
0+185.000	2.83	15.67	813.57	0.61	3.05	36.17
0+190.000	3.74	16.41	829.98	0.34	2.36	38.53
0+195.000	4.56	20.74	850.72	0.08	1.05	39.58
0+200.000	5.17	24.33	875.05	0.00	0.23	39.81
0+205.000	5.75	27.30	902.36	0.00	0.02	39.84
0+210.000	6.42	30.41	932.77	0.00	0.00	39.84
0+215.000	5.86	30.70	963.47	0.00	0.00	39.84
0+220.000	4.94	27.00	990.47	0.03	0.07	39.91
0+225.000	4.23	22.93	1013.40	0.20	0.57	40.48
0+230.000	3.92	20.39	1033.79	0.23	1.07	41.55
0+235.000	3.58	18.75	1052.54	0.23	1.15	42.69
0+240.000	3.58	17.90	1070.45	0.23	1.17	43.86
0+245.000	3.84	18.56	1089.01	0.21	1.10	44.96

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CANTIDADES DE CORTE Y RELLENO

Localización:	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (sentido S-N)					
Abscisa inicial:	K0+000.00		Abscisa final:	0+325.537		
ABSCISA	VOLUMEN DE CORTE			VOLUMEN DE RELLENO		
	Área de corte (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de corte acumulado (m3)	Área de relleno (m2)	Volumen de relleno (m3)	Volumen de relleno acumulado (m3)
0+250.000	4.21	20.13	1109.14	0.16	0.92	45.89
0+255.000	4.61	22.05	1131.19	0.00	0.40	46.28
0+260.000	4.59	23.00	1154.19	0.00	0.02	46.30
0+265.000	4.35	22.36	1176.55	0.00	0.03	46.33
0+270.000	4.10	21.12	1197.67	0.01	0.05	46.39
0+275.000	3.85	19.86	1217.53	0.02	0.08	46.46
0+280.000	3.83	19.19	1236.72	0.02	0.08	46.55
0+285.000	3.89	19.31	1256.03	0.01	0.08	46.62
0+290.000	4.02	19.77	1275.80	0.01	0.06	46.68
0+295.000	4.19	20.51	1296.31	0.00	0.05	46.73
0+300.000	4.38	21.43	1317.74	0.00	0.03	46.76
0+305.000	4.55	22.33	1340.07	0.00	0.03	46.79
0+310.000	4.66	23.02	1363.09	0.00	0.03	46.82
0+315.000	4.75	23.53	1386.62	0.00	0.02	46.84
0+320.000	4.83	23.96	1410.58	0.00	0.02	46.86
0+325.000	4.91	24.35	1434.93	0.00	0.02	46.88
0+325.537	5.13	2.70	**1437.63**	0.00	0.00	**46.89**

413/k

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CANTIDADES DE CORTE Y RELLENO

Localización:	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (sentido N-S)					
Abscisa inicial:	K0+000.00		Abscisa final:	0+326.131		
	VOLUMEN DE CORTE			VOLUMEN DE RELLENO		
ABSCISA	Área de corte (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de corte acumulado (m3)	Área de relleno (m2)	Volumen de relleno (m3)	Volumen de relleno acumulado (m3)
0+000.000	2.53	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
0+005.000	3.16	14.21	14.21	0.65	2.00	2.00
0+010.000	2.58	14.35	28.56	0.71	3.40	5.40
0+015.000	2.21	11.97	40.53	0.80	3.78	9.18
0+020.000	2.06	10.66	51.19	0.80	4.00	13.18
0+025.000	2.00	10.16	61.35	0.75	3.87	17.05
0+030.000	1.94	9.87	71.22	0.75	3.73	20.77
0+035.000	2.21	10.38	81.59	0.68	3.56	24.33
0+040.000	2.73	12.34	93.94	0.53	3.03	27.36
0+045.000	3.20	14.82	108.75	0.40	2.33	29.70
0+050.000	3.67	17.17	125.92	0.30	1.75	31.45
0+055.000	3.73	18.50	144.42	0.35	1.62	33.07
0+060.000	3.71	18.62	163.03	0.41	1.89	34.97
0+065.000	3.60	18.29	181.33	0.46	2.16	37.12
0+070.000	3.67	18.18	199.51	0.47	2.31	39.43
0+075.000	3.82	18.73	218.24	0.47	2.35	41.78
0+080.000	3.99	19.54	237.78	0.48	2.37	44.15
0+085.000	3.64	19.09	256.87	0.46	2.35	46.51
0+090.000	3.21	17.12	273.99	0.46	2.32	48.82
0+095.000	2.79	14.99	288.98	0.47	2.32	51.14
0+100.000	2.40	12.97	301.94	0.47	2.34	53.48
0+105.000	2.36	11.90	313.84	0.46	2.33	55.81
0+110.000	2.51	12.17	326.01	0.45	2.27	58.08
0+115.000	2.68	12.97	338.99	0.43	2.20	60.28
0+120.000	2.81	13.73	352.72	0.41	2.12	62.40
0+125.000	2.94	14.36	367.08	0.40	2.03	64.43
0+130.000	3.06	14.98	382.06	0.38	1.95	66.37
0+135.000	3.17	15.57	397.63	0.36	1.85	68.22
0+140.000	3.28	16.14	413.77	0.30	1.64	69.87
0+145.000	3.41	16.73	430.50	0.22	1.29	71.16
0+150.000	3.44	17.12	447.62	0.18	0.99	72.14
0+155.000	3.55	17.47	465.10	0.15	0.81	72.95
0+160.000	3.50	17.62	482.72	0.15	0.73	73.68
0+165.000	3.49	17.48	500.20	0.08	0.56	74.24
0+170.000	3.98	18.69	518.89	0.03	0.26	74.50
0+175.000	4.12	20.27	539.15	0.02	0.12	74.61
0+180.000	4.27	20.99	560.14	0.02	0.10	74.72
0+185.000	4.45	21.81	581.95	0.02	0.10	74.81
0+190.000	4.40	22.12	604.07	0.02	0.10	74.91
0+195.000	4.30	21.75	625.82	0.04	0.14	75.05
0+200.000	4.56	22.15	647.97	0.03	0.16	75.21
0+205.000	5.13	24.23	672.20	0.00	0.09	75.30
0+210.000	5.81	27.35	699.55	0.00	0.01	75.32
0+215.000	6.07	29.70	729.25	0.00	0.00	75.32
0+220.000	6.00	30.17	759.42	0.00	0.00	75.32
0+225.000	5.91	29.77	789.19	0.00	0.00	75.32
0+230.000	5.79	29.25	818.44	0.00	0.00	75.32
0+235.000	5.30	27.72	846.16	0.00	0.01	75.33
0+240.000	5.04	25.84	871.99	0.02	0.06	75.38
0+245.000	4.81	24.61	896.60	0.07	0.23	75.61

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

CANTIDADES DE CORTE Y RELLENO

Localización:	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (sentido N-S)					
Abscisa inicial:	K0+000.00		Abscisa final:	0+326.131		
ABSCISA	VOLUMEN DE CORTE			VOLUMEN DE RELLENO		
	Área de corte (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de corte acumulado (m3)	Área de relleno (m2)	Volumen de relleno (m3)	Volumen de relleno acumulado (m3)
0+250.000	3.93	21.85	918.45	0.13	0.50	76.11
0+255.000	5.24	23.02	941.47	0.00	0.33	76.45
0+260.000	5.42	26.65	968.12	0.00	0.00	76.45
0+265.000	5.61	27.58	995.70	0.00	0.00	76.45
0+270.000	5.75	28.41	1024.11	0.00	0.00	76.45
0+275.000	5.59	28.36	1052.48	0.00	0.00	76.45
0+280.000	5.60	27.99	1080.46	0.00	0.00	76.45
0+285.000	5.62	28.06	1108.53	0.00	0.00	76.45
0+290.000	5.72	28.37	1136.89	0.00	0.00	76.45
0+295.000	5.93	29.14	1166.04	0.00	0.00	76.45
0+300.000	6.18	30.28	1196.31	0.00	0.00	76.45
0+305.000	5.83	30.02	1226.33	0.00	0.00	76.45
0+310.000	5.42	28.12	1254.45	0.00	0.02	76.47
0+315.000	5.04	26.14	1280.58	0.03	0.08	76.55
0+320.000	4.83	24.66	1305.25	0.07	0.25	76.79
0+325.000	4.82	24.12	1329.37	0.07	0.35	77.14
0+326.131	5.27	5.71	**1335.07**	0.00	0.04	**77.18**

ANEXO 2.
CONTROL DE BORDES

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Informe de líneas características

Nombre de obra lineal: OBRA LINEAL CRA 4 ENTRE CLL73-77 (N-S)
Descripción:
Nombre de alineación base: EJE CRA 4 ENTRE CLL73-77 (N-S)
Intervalo de P.K.: Inicial: 0+000.00, Final: 0+326.13

	ETW Izquierda			Generatriz interior superior			ETW Derecha		
P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación
0+000.00	1,133,530.44	1,463,388.70	13.81	1,133,533.61	1,463,387.30	13.80	1,133,536.80	1,463,385.90	13.73
0+005.00	1,133,532.45	1,463,393.28	13.81	1,133,535.62	1,463,391.88	13.81	1,133,538.82	1,463,390.47	13.82
0+010.00	1,133,534.47	1,463,397.86	13.82	1,133,537.64	1,463,396.46	13.82	1,133,540.84	1,463,395.05	13.83
0+015.00	1,133,536.48	1,463,402.43	13.82	1,133,539.66	1,463,401.03	13.83	1,133,542.85	1,463,399.62	13.83
0+020.00	1,133,538.49	1,463,407.01	13.82	1,133,541.68	1,463,405.61	13.84	1,133,544.87	1,463,404.20	13.83
0+025.00	1,133,540.51	1,463,411.58	13.82	1,133,543.69	1,463,410.18	13.85	1,133,546.89	1,463,408.77	13.83
0+030.00	1,133,542.52	1,463,416.16	13.83	1,133,545.71	1,463,414.76	13.86	1,133,548.91	1,463,413.35	13.84
0+035.00	1,133,544.54	1,463,420.74	13.83	1,133,547.73	1,463,419.33	13.87	1,133,550.92	1,463,417.92	13.84
0+040.00	1,133,546.55	1,463,425.31	13.83	1,133,549.74	1,463,423.91	13.88	1,133,552.94	1,463,422.50	13.84
0+045.00	1,133,548.56	1,463,429.89	13.84	1,133,551.76	1,463,428.48	13.89	1,133,554.96	1,463,427.07	13.84
0+050.00	1,133,550.58	1,463,434.47	13.84	1,133,553.78	1,463,433.06	13.90	1,133,556.98	1,463,431.65	13.85
0+055.00	1,133,552.59	1,463,439.04	13.84	1,133,555.79	1,463,437.63	13.91	1,133,559.00	1,463,436.22	13.85
0+060.00	1,133,554.61	1,463,443.62	13.85	1,133,557.81	1,463,442.21	13.92	1,133,561.01	1,463,440.79	13.85
0+065.00	1,133,556.63	1,463,448.19	13.86	1,133,559.83	1,463,446.78	13.93	1,133,563.03	1,463,445.37	13.86
0+070.00	1,133,558.64	1,463,452.77	13.87	1,133,561.85	1,463,451.36	13.94	1,133,565.05	1,463,449.94	13.87
0+075.00	1,133,560.66	1,463,457.34	13.88	1,133,563.86	1,463,455.93	13.95	1,133,567.07	1,463,454.52	13.88
0+080.00	1,133,562.68	1,463,461.92	13.89	1,133,565.88	1,463,460.51	13.96	1,133,569.08	1,463,459.10	13.89
0+085.00	1,133,564.69	1,463,466.49	13.90	1,133,567.90	1,463,465.08	13.97	1,133,571.10	1,463,463.67	13.90
0+090.00	1,133,566.71	1,463,471.07	13.91	1,133,569.91	1,463,469.66	13.98	1,133,573.12	1,463,468.25	13.91
0+095.00	1,133,568.73	1,463,475.64	13.92	1,133,571.93	1,463,474.23	13.99	1,133,575.13	1,463,472.82	13.92
0+100.00	1,133,570.74	1,463,480.22	13.93	1,133,573.95	1,463,478.81	14.00	1,133,577.15	1,463,477.40	13.93
0+105.00	1,133,572.76	1,463,484.79	13.94	1,133,575.96	1,463,483.38	14.01	1,133,579.17	1,463,481.97	13.94
0+110.00	1,133,574.78	1,463,489.37	13.95	1,133,577.98	1,463,487.96	14.02	1,133,581.18	1,463,486.55	13.95
0+115.00	1,133,576.80	1,463,493.94	13.96	1,133,580.00	1,463,492.53	14.03	1,133,583.20	1,463,491.12	13.96
0+120.00	1,133,578.81	1,463,498.52	13.97	1,133,582.02	1,463,497.11	14.04	1,133,585.22	1,463,495.70	13.97
0+125.00	1,133,580.83	1,463,503.10	13.98	1,133,584.03	1,463,501.68	14.05	1,133,587.23	1,463,500.27	13.98
0+130.00	1,133,582.85	1,463,507.67	13.99	1,133,586.05	1,463,506.26	14.06	1,133,589.25	1,463,504.85	13.99
0+135.00	1,133,584.86	1,463,512.25	14.00	1,133,588.07	1,463,510.83	14.07	1,133,591.27	1,463,509.42	14.00
0+140.00	1,133,586.88	1,463,516.82	14.01	1,133,590.08	1,463,515.41	14.08	1,133,593.29	1,463,514.00	14.01
0+145.00	1,133,588.90	1,463,521.40	14.02	1,133,592.10	1,463,519.98	14.09	1,133,595.30	1,463,518.57	14.02
0+150.00	1,133,590.91	1,463,525.97	14.03	1,133,594.12	1,463,524.56	14.10	1,133,597.32	1,463,523.15	14.03
0+155.00	1,133,592.93	1,463,530.55	14.04	1,133,596.13	1,463,529.13	14.11	1,133,599.34	1,463,527.72	14.04
0+160.00	1,133,594.95	1,463,535.12	14.05	1,133,598.15	1,463,533.71	14.12	1,133,601.35	1,463,532.30	14.05
0+165.00	1,133,596.97	1,463,539.70	14.06	1,133,600.17	1,463,538.28	14.13	1,133,603.37	1,463,536.87	14.06
0+170.00	1,133,598.98	1,463,544.27	14.07	1,133,602.18	1,463,542.86	14.14	1,133,605.39	1,463,541.45	14.07
0+175.00	1,133,601.00	1,463,548.85	14.08	1,133,604.20	1,463,547.43	14.15	1,133,607.40	1,463,546.02	14.08
0+180.00	1,133,603.02	1,463,553.42	14.09	1,133,606.22	1,463,552.01	14.16	1,133,609.42	1,463,550.60	14.09
0+185.00	1,133,605.03	1,463,558.00	14.10	1,133,608.24	1,463,556.58	14.17	1,133,611.44	1,463,555.17	14.10
0+190.00	1,133,607.05	1,463,562.57	14.11	1,133,610.25	1,463,561.16	14.18	1,133,613.46	1,463,559.75	14.11
0+195.00	1,133,609.07	1,463,567.15	14.12	1,133,612.27	1,463,565.74	14.19	1,133,615.47	1,463,564.32	14.12
0+200.00	1,133,611.08	1,463,571.72	14.13	1,133,614.29	1,463,570.31	14.20	1,133,617.49	1,463,568.90	14.13
0+205.00	1,133,613.10	1,463,576.30	14.14	1,133,616.30	1,463,574.89	14.21	1,133,619.51	1,463,573.47	14.14
0+210.00	1,133,615.12	1,463,580.87	14.15	1,133,618.32	1,463,579.46	14.22	1,133,621.52	1,463,578.05	14.15
0+215.00	1,133,617.14	1,463,585.45	14.16	1,133,620.34	1,463,584.04	14.23	1,133,623.54	1,463,582.62	14.16
0+220.00	1,133,619.15	1,463,590.02	14.17	1,133,622.35	1,463,588.61	14.24	1,133,625.56	1,463,587.20	14.17
0+225.00	1,133,621.17	1,463,594.60	14.18	1,133,624.37	1,463,593.19	14.25	1,133,627.57	1,463,591.77	14.18
0+230.00	1,133,623.19	1,463,599.17	14.19	1,133,626.39	1,463,597.76	14.26	1,133,629.59	1,463,596.35	14.19
0+235.00	1,133,625.20	1,463,603.75	14.20	1,133,628.41	1,463,602.34	14.27	1,133,631.61	1,463,600.92	14.20

415/K

0+240.00	1,133,627.22	1,463,608.32	14.21	1,133,630.42	1,463,606.91	14.28	1,133,633.63	1,463,605.50	14.21
0+245.00	1,133,629.24	1,463,612.90	14.22	1,133,632.44	1,463,611.49	14.29	1,133,635.64	1,463,610.07	14.22
0+250.00	1,133,631.25	1,463,617.47	14.23	1,133,634.46	1,463,616.06	14.30	1,133,637.66	1,463,614.65	14.23
0+255.00	1,133,633.34	1,463,622.16	14.24	1,133,636.49	1,463,620.63	14.31	1,133,639.64	1,463,619.10	14.24
0+260.00	1,133,635.53	1,463,626.66	14.25	1,133,638.68	1,463,625.13	14.32	1,133,641.82	1,463,623.59	14.25
0+265.00	1,133,637.72	1,463,631.15	14.25	1,133,640.86	1,463,629.62	14.32	1,133,644.01	1,463,628.09	14.25
0+270.00	1,133,639.90	1,463,635.65	14.25	1,133,643.05	1,463,634.12	14.32	1,133,646.20	1,463,632.59	14.25
0+275.00	1,133,642.09	1,463,640.15	14.24	1,133,645.24	1,463,638.61	14.31	1,133,648.38	1,463,637.08	14.24
0+280.00	1,133,644.28	1,463,644.64	14.23	1,133,647.42	1,463,643.11	14.30	1,133,650.57	1,463,641.58	14.23
0+285.00	1,133,646.46	1,463,649.14	14.21	1,133,649.61	1,463,647.61	14.29	1,133,652.76	1,463,646.08	14.22
0+290.00	1,133,648.65	1,463,653.64	14.19	1,133,651.80	1,463,652.10	14.28	1,133,654.95	1,463,650.57	14.21
0+295.00	1,133,650.84	1,463,658.13	14.17	1,133,653.99	1,463,656.60	14.27	1,133,657.13	1,463,655.07	14.20
0+300.00	1,133,653.02	1,463,662.63	14.15	1,133,656.17	1,463,661.10	14.26	1,133,659.32	1,463,659.56	14.19
0+305.00	1,133,655.21	1,463,667.13	14.13	1,133,658.36	1,463,665.59	14.25	1,133,661.51	1,463,664.06	14.18
0+310.00	1,133,657.39	1,463,671.62	14.11	1,133,660.55	1,463,670.09	14.24	1,133,663.69	1,463,668.56	14.17
0+315.00	1,133,659.58	1,463,676.12	14.09	1,133,662.73	1,463,674.58	14.23	1,133,665.88	1,463,673.05	14.16
0+320.00	1,133,661.77	1,463,680.62	14.07	1,133,664.92	1,463,679.08	14.22	1,133,668.07	1,463,677.55	14.15
0+325.00	1,133,663.95	1,463,685.11	14.04	1,133,667.11	1,463,683.58	14.21	1,133,670.26	1,463,682.04	14.13
0+326.13	1,133,664.46	1,463,686.13	14.14	1,133,667.60	1,463,684.59	14.21	1,133,670.76	1,463,683.06	14.13

Informe de líneas características

Nombre de obra lineal: OBRA LINEAL CRA 4 ENTRE CLL73-77 (S-N)
Descripción:
Nombre de alineación base: EJE CRA 4 ENTRE CLL73-77 (S-N)
Intervalo de P.K.: Inicial: 0+000.00, Final: 0+325.54

	ETW Izquierda			Generatriz interior superior			ETW Derecha		
P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación	Abscisa	Ordenada	Elevación
0+000.00	1,133,540.27	1,463,384.71	13.72	1,133,543.49	1,463,383.30	13.76	1,133,546.74	1,463,381.88	13.69
0+005.00	1,133,542.27	1,463,389.29	13.73	1,133,545.49	1,463,387.88	13.77	1,133,548.74	1,463,386.47	13.75
0+010.00	1,133,544.28	1,463,393.87	13.73	1,133,547.49	1,463,392.47	13.78	1,133,550.73	1,463,391.05	13.76
0+015.00	1,133,546.28	1,463,398.45	13.74	1,133,549.49	1,463,397.05	13.79	1,133,552.73	1,463,395.63	13.76
0+020.00	1,133,548.28	1,463,403.03	13.74	1,133,551.49	1,463,401.63	13.80	1,133,554.73	1,463,400.22	13.76
0+025.00	1,133,550.29	1,463,407.61	13.74	1,133,553.49	1,463,406.21	13.81	1,133,556.72	1,463,404.80	13.77
0+030.00	1,133,552.29	1,463,412.19	13.75	1,133,555.50	1,463,410.79	13.82	1,133,558.72	1,463,409.39	13.77
0+035.00	1,133,554.29	1,463,416.78	13.76	1,133,557.50	1,463,415.38	13.83	1,133,560.72	1,463,413.97	13.77
0+040.00	1,133,556.29	1,463,421.36	13.77	1,133,559.50	1,463,419.96	13.84	1,133,562.71	1,463,418.55	13.78
0+045.00	1,133,558.29	1,463,425.94	13.78	1,133,561.50	1,463,424.54	13.85	1,133,564.71	1,463,423.14	13.78
0+050.00	1,133,560.29	1,463,430.52	13.79	1,133,563.50	1,463,429.12	13.86	1,133,566.71	1,463,427.72	13.79
0+055.00	1,133,562.30	1,463,435.10	13.80	1,133,565.50	1,463,433.70	13.87	1,133,568.71	1,463,432.30	13.80
0+060.00	1,133,564.30	1,463,439.69	13.81	1,133,567.50	1,463,438.29	13.88	1,133,570.71	1,463,436.88	13.81
0+065.00	1,133,566.30	1,463,444.27	13.82	1,133,569.51	1,463,442.87	13.89	1,133,572.71	1,463,441.47	13.82
0+070.00	1,133,568.30	1,463,448.85	13.83	1,133,571.51	1,463,447.45	13.90	1,133,574.72	1,463,446.05	13.83
0+075.00	1,133,570.30	1,463,453.43	13.84	1,133,573.51	1,463,452.03	13.91	1,133,576.72	1,463,450.63	13.84
0+080.00	1,133,572.30	1,463,458.01	13.85	1,133,575.51	1,463,456.61	13.92	1,133,578.72	1,463,455.21	13.85
0+085.00	1,133,574.31	1,463,462.60	13.86	1,133,577.51	1,463,461.19	13.93	1,133,580.72	1,463,459.79	13.86
0+090.00	1,133,576.31	1,463,467.18	13.87	1,133,579.51	1,463,465.78	13.94	1,133,582.72	1,463,464.38	13.87
0+095.00	1,133,578.31	1,463,471.76	13.88	1,133,581.52	1,463,470.36	13.95	1,133,584.72	1,463,468.96	13.88
0+100.00	1,133,580.31	1,463,476.34	13.89	1,133,583.52	1,463,474.94	13.96	1,133,586.72	1,463,473.54	13.89
0+105.00	1,133,582.31	1,463,480.92	13.90	1,133,585.52	1,463,479.52	13.97	1,133,588.73	1,463,478.12	13.90
0+110.00	1,133,584.31	1,463,485.51	13.91	1,133,587.52	1,463,484.10	13.98	1,133,590.73	1,463,482.70	13.91
0+115.00	1,133,586.31	1,463,490.09	13.92	1,133,589.52	1,463,488.69	13.99	1,133,592.73	1,463,487.29	13.92
0+120.00	1,133,588.32	1,463,494.67	13.93	1,133,591.52	1,463,493.27	14.00	1,133,594.73	1,463,491.87	13.93
0+125.00	1,133,590.32	1,463,499.25	13.94	1,133,593.52	1,463,497.85	14.01	1,133,596.73	1,463,496.45	13.94
0+130.00	1,133,592.32	1,463,503.83	13.95	1,133,595.53	1,463,502.43	14.02	1,133,598.73	1,463,501.03	13.95
0+135.00	1,133,594.32	1,463,508.42	13.96	1,133,597.53	1,463,507.01	14.03	1,133,600.73	1,463,505.61	13.96
0+140.00	1,133,596.32	1,463,513.00	13.97	1,133,599.53	1,463,511.60	14.04	1,133,602.74	1,463,510.20	13.97
0+145.00	1,133,598.32	1,463,517.58	13.98	1,133,601.53	1,463,516.18	14.05	1,133,604.74	1,463,514.78	13.98
0+150.00	1,133,600.32	1,463,522.16	13.99	1,133,603.53	1,463,520.76	14.06	1,133,606.74	1,463,519.36	13.99
0+155.00	1,133,602.33	1,463,526.74	14.00	1,133,605.53	1,463,525.34	14.07	1,133,608.74	1,463,523.94	14.00
0+160.00	1,133,604.33	1,463,531.32	14.01	1,133,607.53	1,463,529.92	14.08	1,133,610.74	1,463,528.52	14.01
0+165.00	1,133,606.33	1,463,535.91	14.02	1,133,609.54	1,463,534.51	14.09	1,133,612.74	1,463,533.10	14.02
0+170.00	1,133,608.33	1,463,540.49	14.03	1,133,611.54	1,463,539.09	14.10	1,133,614.74	1,463,537.69	14.03
0+175.00	1,133,610.33	1,463,545.07	14.04	1,133,613.54	1,463,543.67	14.11	1,133,616.75	1,463,542.27	14.04
0+180.00	1,133,612.33	1,463,549.65	14.05	1,133,615.54	1,463,548.25	14.12	1,133,618.75	1,463,546.85	14.05
0+185.00	1,133,614.33	1,463,554.23	14.06	1,133,617.54	1,463,552.83	14.13	1,133,620.75	1,463,551.43	14.06
0+190.00	1,133,616.34	1,463,558.82	14.07	1,133,619.54	1,463,557.42	14.14	1,133,622.75	1,463,556.01	14.07
0+195.00	1,133,618.34	1,463,563.40	14.08	1,133,621.54	1,463,562.00	14.15	1,133,624.75	1,463,560.60	14.08
0+200.00	1,133,620.34	1,463,567.98	14.09	1,133,623.55	1,463,566.58	14.16	1,133,626.75	1,463,565.18	14.09
0+205.00	1,133,622.34	1,463,572.56	14.10	1,133,625.55	1,463,571.16	14.17	1,133,628.76	1,463,569.76	14.10
0+210.00	1,133,624.34	1,463,577.14	14.11	1,133,627.55	1,463,575.74	14.18	1,133,630.76	1,463,574.34	14.11
0+215.00	1,133,626.34	1,463,581.73	14.12	1,133,629.55	1,463,580.33	14.19	1,133,632.76	1,463,578.92	14.12
0+220.00	1,133,628.34	1,463,586.31	14.13	1,133,631.55	1,463,584.91	14.20	1,133,634.76	1,463,583.51	14.13
0+225.00	1,133,630.35	1,463,590.89	14.14	1,133,633.55	1,463,589.49	14.21	1,133,636.76	1,463,588.09	14.14
0+230.00	1,133,632.35	1,463,595.47	14.15	1,133,635.56	1,463,594.07	14.22	1,133,638.76	1,463,592.67	14.15
0+235.00	1,133,634.35	1,463,600.05	14.16	1,133,637.56	1,463,598.65	14.23	1,133,640.76	1,463,597.25	14.16

0+240.00	1,133,636.35	1,463,604.64	14.17	1,133,639.56	1,463,603.23	14.24	1,133,642.77	1,463,601.83	14.17
0+245.00	1,133,638.35	1,463,609.22	14.18	1,133,641.56	1,463,607.82	14.25	1,133,644.77	1,463,606.42	14.18
0+250.00	1,133,640.35	1,463,613.80	14.19	1,133,643.56	1,463,612.40	14.26	1,133,646.77	1,463,611.00	14.19
0+255.00	1,133,642.41	1,463,618.45	14.20	1,133,645.58	1,463,616.97	14.27	1,133,648.76	1,463,615.49	14.20
0+260.00	1,133,644.53	1,463,622.98	14.21	1,133,647.70	1,463,621.50	14.28	1,133,650.87	1,463,620.02	14.21
0+265.00	1,133,646.65	1,463,627.51	14.22	1,133,649.82	1,463,626.03	14.29	1,133,652.99	1,463,624.55	14.22
0+270.00	1,133,648.77	1,463,632.04	14.23	1,133,651.94	1,463,630.56	14.30	1,133,655.11	1,463,629.08	14.23
0+275.00	1,133,650.88	1,463,636.57	14.24	1,133,654.06	1,463,635.09	14.31	1,133,657.23	1,463,633.61	14.24
0+280.00	1,133,653.00	1,463,641.10	14.25	1,133,656.17	1,463,639.62	14.32	1,133,659.34	1,463,638.14	14.25
0+285.00	1,133,655.12	1,463,645.63	14.24	1,133,658.29	1,463,644.15	14.31	1,133,661.46	1,463,642.66	14.24
0+290.00	1,133,657.24	1,463,650.16	14.24	1,133,660.41	1,463,648.68	14.31	1,133,663.58	1,463,647.19	14.24
0+295.00	1,133,659.36	1,463,654.69	14.23	1,133,662.53	1,463,653.21	14.30	1,133,665.70	1,463,651.72	14.23
0+300.00	1,133,661.47	1,463,659.22	14.22	1,133,664.64	1,463,657.74	14.29	1,133,667.81	1,463,656.26	14.22
0+305.00	1,133,663.59	1,463,663.75	14.21	1,133,666.76	1,463,662.26	14.28	1,133,669.90	1,463,660.79	14.21
0+310.00	1,133,665.71	1,463,668.27	14.20	1,133,668.88	1,463,666.79	14.27	1,133,672.00	1,463,665.33	14.21
0+315.00	1,133,667.86	1,463,672.79	14.19	1,133,671.00	1,463,671.32	14.26	1,133,674.10	1,463,669.87	14.20
0+320.00	1,133,670.00	1,463,677.31	14.18	1,133,673.11	1,463,675.85	14.25	1,133,676.20	1,463,674.41	14.20
0+325.00	1,133,672.14	1,463,681.83	14.17	1,133,675.23	1,463,680.38	14.24	1,133,678.29	1,463,678.95	14.19
0+325.54	1,133,672.29	1,463,682.36	14.17	1,133,675.46	1,463,680.87	14.24	1,133,678.52	1,463,679.44	14.19

ANEXO 3.
DIFERENCIA DE ELEVACIÓN

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

417/k

Informe de diferencias de elevación de perfil

Alineación vertical: RASANTE CRA 4 ENTRE CLL73-77 (N-S)
Perfil existente: Terreno - Superficie (170)
Descripción:
Intervalo de P.K.: Inicio: 0+000.00, Fin: 0+326.13

VAV	P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación existente	Diseño de elevación	Diferencia de elevación
0	0+000.00	1133533.608	1463387.305	13.804m	13.804m	-0.000m
1	0+005.00	1133535.625	1463391.880	13.575m	13.814m	-0.239m
2	0+010.00	1133537.642	1463396.455	13.523m	13.824m	-0.301m
3	0+015.00	1133539.659	1463401.030	13.470m	13.834m	-0.364m
4	0+020.00	1133541.676	1463405.606	13.450m	13.844m	-0.394m
5	0+025.00	1133543.693	1463410.181	13.467m	13.854m	-0.387m
6	0+030.00	1133545.710	1463414.756	13.446m	13.864m	-0.418m
7	0+035.00	1133547.727	1463419.331	13.475m	13.874m	-0.399m
8	0+040.00	1133549.744	1463423.906	13.551m	13.884m	-0.333m
9	0+045.00	1133551.761	1463428.481	13.619m	13.894m	-0.275m
10	0+050.00	1133553.778	1463433.056	13.686m	13.904m	-0.218m
11	0+055.00	1133555.795	1463437.631	13.707m	13.914m	-0.207m
12	0+060.00	1133557.812	1463442.207	13.728m	13.924m	-0.196m
13	0+065.00	1133559.829	1463446.782	13.745m	13.934m	-0.189m
14	0+070.00	1133561.846	1463451.357	13.749m	13.944m	-0.194m
15	0+075.00	1133563.862	1463455.932	13.774m	13.954m	-0.180m
16	0+080.00	1133565.879	1463460.507	13.799m	13.964m	-0.165m
17	0+085.00	1133567.896	1463465.082	13.762m	13.974m	-0.212m
18	0+090.00	1133569.913	1463469.657	13.715m	13.984m	-0.269m
19	0+095.00	1133571.930	1463474.232	13.668m	13.994m	-0.326m
20	0+100.00	1133573.947	1463478.808	13.614m	14.004m	-0.390m
21	0+105.00	1133575.964	1463483.383	13.611m	14.014m	-0.403m
22	0+110.00	1133577.981	1463487.958	13.645m	14.024m	-0.379m
23	0+115.00	1133579.998	1463492.533	13.679m	14.034m	-0.355m
24	0+120.00	1133582.015	1463497.108	13.708m	14.044m	-0.336m
25	0+125.00	1133584.032	1463501.683	13.732m	14.054m	-0.322m
26	0+130.00	1133586.049	1463506.258	13.757m	14.064m	-0.307m
27	0+135.00	1133588.066	1463510.834	13.781m	14.074m	-0.293m
28	0+140.00	1133590.083	1463515.409	13.806m	14.084m	-0.278m
29	0+145.00	1133592.100	1463519.984	13.830m	14.094m	-0.263m
30	0+150.00	1133594.117	1463524.559	13.833m	14.104m	-0.271m
31	0+155.00	1133596.134	1463529.134	13.835m	14.114m	-0.278m
32	0+160.00	1133598.151	1463533.709	13.837m	14.124m	-0.287m
33	0+165.00	1133600.168	1463538.284	13.884m	14.134m	-0.250m
34	0+170.00	1133602.185	1463542.859	13.984m	14.144m	-0.159m
35	0+175.00	1133604.202	1463547.435	14.016m	14.154m	-0.138m
36	0+180.00	1133606.219	1463552.010	14.048m	14.164m	-0.116m
37	0+185.00	1133608.236	1463556.585	14.061m	14.174m	-0.113m
38	0+190.00	1133610.253	1463561.160	14.062m	14.184m	-0.121m
39	0+195.00	1133612.270	1463565.735	14.058m	14.194m	-0.136m
40	0+200.00	1133614.287	1463570.310	14.108m	14.204m	-0.095m
41	0+205.00	1133616.304	1463574.885	14.191m	14.214m	-0.023m
42	0+210.00	1133618.321	1463579.460	14.263m	14.224m	0.039m
43	0+215.00	1133620.338	1463584.036	14.288m	14.234m	0.054m

44	0+220.00	1133622.355	1463588.611	14.304m	14.244m	0.061m
45	0+225.00	1133624.372	1463593.186	14.317m	14.254m	0.063m
46	0+230.00	1133626.389	1463597.761	14.301m	14.264m	0.037m
47	0+235.00	1133628.406	1463602.336	14.288m	14.274m	0.015m
48	0+240.00	1133630.423	1463606.911	14.280m	14.284m	-0.004m
49	0+245.00	1133632.440	1463611.486	14.262m	14.294m	-0.032m
50	0+250.00	1133634.456	1463616.062	14.115m	14.304m	-0.189m
51	0+255.00	1133636.489	1463620.630	14.229m	14.314m	-0.084m
52	0+260.00	1133638.676	1463625.126	14.280m	14.321m	-0.041m
53	0+265.00	1133640.863	1463629.622	14.264m	14.322m	-0.058m
54	0+270.00	1133643.050	1463634.118	14.259m	14.317m	-0.058m
55	0+275.00	1133645.237	1463638.615	14.257m	14.308m	-0.051m
56	0+280.00	1133647.424	1463643.111	14.258m	14.298m	-0.040m
57	0+285.00	1133649.612	1463647.607	14.260m	14.288m	-0.029m
58	0+290.00	1133651.799	1463652.103	14.261m	14.279m	-0.017m
59	0+295.00	1133653.986	1463656.600	14.263m	14.269m	-0.006m
60	0+300.00	1133656.173	1463661.096	14.286m	14.259m	0.027m
61	0+305.00	1133658.360	1463665.592	14.270m	14.249m	0.021m
62	0+310.00	1133660.548	1463670.088	14.248m	14.240m	0.008m
63	0+315.00	1133662.735	1463674.585	14.226m	14.230m	-0.004m
64	0+320.00	1133664.922	1463679.081	14.204m	14.220m	-0.016m
65	0+325.00	1133667.109	1463683.577	14.182m	14.210m	-0.029m
66	0+326.13	1133667.604	1463684.594	14.208m	14.208m	-0.000m

418/k

Informe de diferencias de elevación de perfil

Alineación vertical: CRA 4 ENTRE CLL73-77 (S-N)
Perfil existente: Terreno - Superficie (136)
Descripción:
Intervalo de P.K.: Inicio: 0+000.00, Fin: 0+325.54

VAV	P.K.	Abscisa	Ordenada	Elevación existente	Diseño de elevación	Diferencia de elevación
0	0+000.00	1133543.487	1463383.302	13.756m	13.758m	-0.002m
1	0+005.00	1133545.489	1463387.884	13.752m	13.768m	-0.016m
2	0+010.00	1133547.490	1463392.466	13.637m	13.778m	-0.142m
3	0+015.00	1133549.492	1463397.048	13.521m	13.788m	-0.268m
4	0+020.00	1133551.493	1463401.630	13.461m	13.798m	-0.337m
5	0+025.00	1133553.495	1463406.212	13.529m	13.809m	-0.280m
6	0+030.00	1133555.496	1463410.794	13.578m	13.819m	-0.240m
7	0+035.00	1133557.498	1463415.376	13.645m	13.829m	-0.184m
8	0+040.00	1133559.499	1463419.958	13.709m	13.839m	-0.129m
9	0+045.00	1133561.501	1463424.540	13.774m	13.849m	-0.075m
10	0+050.00	1133563.502	1463429.121	13.834m	13.859m	-0.025m
11	0+055.00	1133565.504	1463433.703	13.845m	13.869m	-0.024m
12	0+060.00	1133567.505	1463438.285	13.860m	13.879m	-0.019m
13	0+065.00	1133569.507	1463442.867	13.876m	13.889m	-0.014m
14	0+070.00	1133571.508	1463447.449	13.871m	13.899m	-0.028m
15	0+075.00	1133573.509	1463452.031	13.865m	13.910m	-0.044m
16	0+080.00	1133575.511	1463456.613	13.839m	13.920m	-0.080m
17	0+085.00	1133577.512	1463461.195	13.856m	13.930m	-0.074m
18	0+090.00	1133579.514	1463465.777	13.886m	13.940m	-0.054m
19	0+095.00	1133581.515	1463470.359	13.917m	13.950m	-0.033m
20	0+100.00	1133583.517	1463474.941	13.948m	13.960m	-0.012m
21	0+105.00	1133585.518	1463479.523	13.953m	13.970m	-0.017m
22	0+110.00	1133587.520	1463484.105	13.957m	13.980m	-0.024m
23	0+115.00	1133589.521	1463488.687	13.960m	13.990m	-0.030m
24	0+120.00	1133591.523	1463493.268	13.964m	14.001m	-0.037m
25	0+125.00	1133593.524	1463497.850	13.967m	14.011m	-0.044m
26	0+130.00	1133595.526	1463502.432	13.968m	14.021m	-0.053m
27	0+135.00	1133597.527	1463507.014	13.969m	14.031m	-0.061m
28	0+140.00	1133599.529	1463511.596	13.971m	14.041m	-0.070m
29	0+145.00	1133601.530	1463516.178	13.972m	14.051m	-0.079m
30	0+150.00	1133603.532	1463520.760	13.972m	14.061m	-0.089m
31	0+155.00	1133605.533	1463525.342	13.991m	14.071m	-0.080m
32	0+160.00	1133607.535	1463529.924	14.072m	14.081m	-0.009m
33	0+165.00	1133609.536	1463534.506	14.080m	14.092m	-0.011m
34	0+170.00	1133611.537	1463539.088	14.098m	14.102m	-0.004m
35	0+175.00	1133613.539	1463543.670	13.991m	14.112m	-0.121m
36	0+180.00	1133615.540	1463548.252	13.874m	14.122m	-0.248m
37	0+185.00	1133617.542	1463552.834	13.793m	14.132m	-0.339m
38	0+190.00	1133619.543	1463557.416	13.936m	14.142m	-0.206m
39	0+195.00	1133621.545	1463561.997	14.056m	14.152m	-0.096m
40	0+200.00	1133623.546	1463566.579	14.126m	14.162m	-0.036m
41	0+205.00	1133625.548	1463571.161	14.180m	14.172m	0.007m
42	0+210.00	1133627.549	1463575.743	14.303m	14.182m	0.121m
43	0+215.00	1133629.551	1463580.325	14.263m	14.193m	0.070m

44	0+220.00	1133631.552	1463584.907	14.167m	14.203m	-0.036m
45	0+225.00	1133633.554	1463589.489	14.095m	14.213m	-0.118m
46	0+230.00	1133635.555	1463594.071	14.055m	14.223m	-0.168m
47	0+235.00	1133637.557	1463598.653	14.011m	14.233m	-0.222m
48	0+240.00	1133639.558	1463603.235	14.020m	14.243m	-0.223m
49	0+245.00	1133641.560	1463607.817	14.066m	14.253m	-0.187m
50	0+250.00	1133643.561	1463612.399	14.110m	14.263m	-0.154m
51	0+255.00	1133645.585	1463616.971	14.187m	14.273m	-0.086m
52	0+260.00	1133647.702	1463621.500	14.171m	14.284m	-0.113m
53	0+265.00	1133649.820	1463626.029	14.152m	14.294m	-0.141m
54	0+270.00	1133651.938	1463630.559	14.134m	14.304m	-0.170m
55	0+275.00	1133654.055	1463635.088	14.118m	14.312m	-0.194m
56	0+280.00	1133656.173	1463639.618	14.115m	14.316m	-0.200m
57	0+285.00	1133658.291	1463644.147	14.112m	14.314m	-0.202m
58	0+290.00	1133660.408	1463648.677	14.109m	14.307m	-0.198m
59	0+295.00	1133662.526	1463653.206	14.106m	14.297m	-0.191m
60	0+300.00	1133664.643	1463657.735	14.125m	14.287m	-0.162m
61	0+305.00	1133666.761	1463662.265	14.137m	14.277m	-0.140m
62	0+310.00	1133668.879	1463666.794	14.147m	14.267m	-0.120m
63	0+315.00	1133670.996	1463671.324	14.157m	14.257m	-0.100m
64	0+320.00	1133673.114	1463675.853	14.166m	14.246m	-0.080m
65	0+325.00	1133675.232	1463680.382	14.173m	14.236m	-0.063m
66	0+325.54	1133675.462	1463680.875	14.235m	14.235m	-0.000m

419/R

ANEXO 4.
PENDIENTE LONGITUDINAL

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Informe de P.K. incremental de VAV

Alineación vertical: CRA 4 ENTRE CLL73-77 (S-N)
Descripción:
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 0+325.54
Incremento de P.K: 5.00

P.K.	Elevación	Porcentaje de pendiente (%)	Ubicación
0+000.00	13.758m		VAV
0+005.00	13.768m	0.20%	
0+010.00	13.778m	0.20%	
0+015.00	13.788m	0.20%	
0+020.00	13.798m	0.20%	
0+025.00	13.809m	0.20%	
0+030.00	13.819m	0.20%	
0+035.00	13.829m	0.20%	
0+040.00	13.839m	0.20%	
0+045.00	13.849m	0.20%	
0+050.00	13.859m	0.20%	
0+055.00	13.869m	0.20%	
0+060.00	13.879m	0.20%	
0+065.00	13.889m	0.20%	
0+070.00	13.899m	0.20%	
0+075.00	13.910m	0.20%	
0+080.00	13.920m	0.20%	
0+085.00	13.930m	0.20%	
0+090.00	13.940m	0.20%	
0+095.00	13.950m	0.20%	
0+100.00	13.960m	0.20%	
0+105.00	13.970m	0.20%	
0+110.00	13.980m	0.20%	
0+115.00	13.990m	0.20%	
0+120.00	14.001m	0.20%	
0+125.00	14.011m	0.20%	
0+130.00	14.021m	0.20%	
0+135.00	14.031m	0.20%	
0+140.00	14.041m	0.20%	
0+145.00	14.051m	0.20%	
0+150.00	14.061m	0.20%	
0+155.00	14.071m	0.20%	
0+160.00	14.081m	0.20%	

0+165.00	14.092m	0.20%	
0+170.00	14.102m	0.20%	
0+175.00	14.112m	0.20%	
0+180.00	14.122m	0.20%	
0+185.00	14.132m	0.20%	
0+190.00	14.142m	0.20%	
0+195.00	14.152m	0.20%	
0+200.00	14.162m	0.20%	
0+205.00	14.172m	0.20%	
0+210.00	14.182m	0.20%	
0+215.00	14.193m	0.20%	
0+220.00	14.203m	0.20%	
0+225.00	14.213m	0.20%	
0+230.00	14.223m	0.20%	
0+235.00	14.233m	0.20%	
0+240.00	14.243m	0.20%	
0+245.00	14.253m	0.20%	
0+250.00	14.263m	0.20%	
0+255.00	14.273m	0.20%	
0+260.00	14.284m	0.20%	
0+265.00	14.294m	0.20%	
0+270.00	14.304m	0.20%	
0+271.07	14.306m	0.20%	PAV
0+275.00	14.312m	0.16%	
0+280.00	14.316m	0.07%	
0+280.93	14.316m	0.01%	Convexo
0+285.00	14.314m	-0.04%	
0+290.00	14.307m	-0.14%	
0+290.79	14.306m	-0.20%	PTV
0+295.00	14.297m	-0.20%	
0+300.00	14.287m	-0.20%	
0+305.00	14.277m	-0.20%	
0+310.00	14.267m	-0.20%	
0+315.00	14.257m	-0.20%	
0+320.00	14.246m	-0.20%	
0+325.00	14.236m	-0.20%	
0+325.54	14.235m	-0.20%	

Alineación vertical: RASANTE CRA 4 ENTRE CLL73-77 (N-S)
Descripción:
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 0+326.13
Incremento de P.K: 5.00

P.K.	Elevación	Porcentaje de pendiente (%)	Ubicación
0+000.00	13.804m		VAV
0+005.00	13.814m	0.20%	
0+010.00	13.824m	0.20%	
0+015.00	13.834m	0.20%	
0+020.00	13.844m	0.20%	
0+025.00	13.854m	0.20%	
0+030.00	13.864m	0.20%	
0+035.00	13.874m	0.20%	
0+040.00	13.884m	0.20%	
0+045.00	13.894m	0.20%	
0+050.00	13.904m	0.20%	
0+055.00	13.914m	0.20%	
0+060.00	13.924m	0.20%	
0+065.00	13.934m	0.20%	
0+070.00	13.944m	0.20%	
0+075.00	13.954m	0.20%	
0+080.00	13.964m	0.20%	
0+085.00	13.974m	0.20%	
0+090.00	13.984m	0.20%	
0+095.00	13.994m	0.20%	
0+100.00	14.004m	0.20%	
0+105.00	14.014m	0.20%	
0+110.00	14.024m	0.20%	
0+115.00	14.034m	0.20%	
0+120.00	14.044m	0.20%	
0+125.00	14.054m	0.20%	
0+130.00	14.064m	0.20%	
0+135.00	14.074m	0.20%	
0+140.00	14.084m	0.20%	
0+145.00	14.094m	0.20%	
0+150.00	14.104m	0.20%	
0+155.00	14.114m	0.20%	
0+160.00	14.124m	0.20%	
0+165.00	14.134m	0.20%	
0+170.00	14.144m	0.20%	
0+175.00	14.154m	0.20%	
0+180.00	14.164m	0.20%	
0+185.00	14.174m	0.20%	

0+190.00	14.184m	0.20%	
0+195.00	14.194m	0.20%	
0+200.00	14.204m	0.20%	
0+205.00	14.214m	0.20%	
0+210.00	14.224m	0.20%	
0+215.00	14.234m	0.20%	
0+220.00	14.244m	0.20%	
0+225.00	14.254m	0.20%	
0+230.00	14.264m	0.20%	
0+235.00	14.274m	0.20%	
0+240.00	14.284m	0.20%	
0+245.00	14.294m	0.20%	
0+250.00	14.304m	0.20%	
0+255.00	14.314m	0.20%	
0+255.24	14.314m	0.20%	PAV
0+260.00	14.321m	0.14%	
0+263.47	14.322m	0.04%	Convexo
0+265.00	14.322m	-0.02%	
0+270.00	14.317m	-0.09%	
0+271.69	14.314m	-0.17%	PTV
0+275.00	14.308m	-0.20%	
0+280.00	14.298m	-0.20%	
0+285.00	14.288m	-0.20%	
0+290.00	14.279m	-0.20%	
0+295.00	14.269m	-0.20%	
0+300.00	14.259m	-0.20%	
0+305.00	14.249m	-0.20%	
0+310.00	14.240m	-0.20%	
0+315.00	14.230m	-0.20%	
0+320.00	14.220m	-0.20%	
0+325.00	14.210m	-0.20%	
0+326.13	14.208m	-0.20%	

ANEXO 5.
PLANO DISEÑO GEOMETRICO Y MODULACIÓN DE LOSAS
(EN CD)

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

DISEÑO DE PAVIMENTO - COMUNA 8

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO "PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LA COMUNA 8 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA"

ELABORADO POR:

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES

SEPTIEMBRE DE 2024

Tabla de contenido

Tabla de contenido 1

Introducción 1

1. Objetivos 2

1.1 Objetivo general 2

1.2 Objetivos específicos 2

2. Generalidades del proyecto 3

2.1 Localización del proyecto 3

2.2 Descripción del proyecto 4

3. Metodología 5

3.1 Trabajo de campo geotécnico 5

3.2 Caracterización vehicular 5

3.3 Diseño de estructura de pavimento 8

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto 8

3.1.1.1 Análisis de fatiga 9

3.1.1.2 Análisis de Erosión 9

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA] 9

4.0 Resultados 10

4.1 Caracterización geotécnica 10

4.1.1 Descripción de la subrasante 10

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte 10

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante 11

4.2 Estudio de tránsito 13

4.3 Espesores de estructura de pavimento 14

4.3.1 Conformación de la subbase granular 14

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido 16

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico 17

4.5 Diseño de juntas 20

4.6 Sello de juntas 24

4.7 Drenajes 24

5.0 Conclusiones 25

6.0 Recomendaciones 27
7.0 limitaciones del estudio 32
8.0 Bibliografía 33
ANEXOS 34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar....3
Tabla 2. Estimación del factor carril....7
Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico....8
Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR....11
Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante....11
Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño....13
Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño....13
Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular....14
Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR....15
Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa....16
Tabla 11. Modulación de losas de concreto....18
Tabla 12. Característica de acero de juntas transversales.....22
Tabla 13. Característica de acero de juntas longitudinales....23
Tabla 14. Espesores de estructura de pavimento tramo vial salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41....25
Tabla 15. Espesores de estructura de pavimento para el resto de los tramos viales.....26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector 3
Figura 2. Categorización de camiones 6
Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados 19
Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 19
Figura 6. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 20
Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 20
Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa 20
Figura 10. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales 21
Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales 22
Figura 11. Estructura de pavimento definitiva 23
Figura 12. Estructura de pavimento definitiva .... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ" 30

Introducción

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de espesores de la estructura de pavimento rígido a través del método de Portland Cement Association [PCA] en los tramos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 1a de la comuna 8 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, para lo cual se requiere como insumo la caracterización de las propiedades geomecánicas del suelo de soporte y la descripción de la carga vehicular proyectada en el periodo de diseño.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar los espesores de subbase granular y capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido en función de las características mecánicas del suelo natural de soporte y las cargas vehiculares en el periodo de diseño en los tramos viales urbanos correspondientes a la comuna 8, en el municipio de Montería, Córdoba, a través del método de diseño de la Portland Cement Association [PCA].

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el espesor de subbase granular de la estructura de pavimento rígido en función del aporte que genera al conjunto Subbase – subrasante.
- Determinar el espesor de la capa de rodadura en concreto hidráulico en función de la respuesta mecánica del conjunto subbase – subrasante.
- Determinar la geometría de las losas de concreto hidráulico que conforman la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido.

2. Generalidades del proyecto

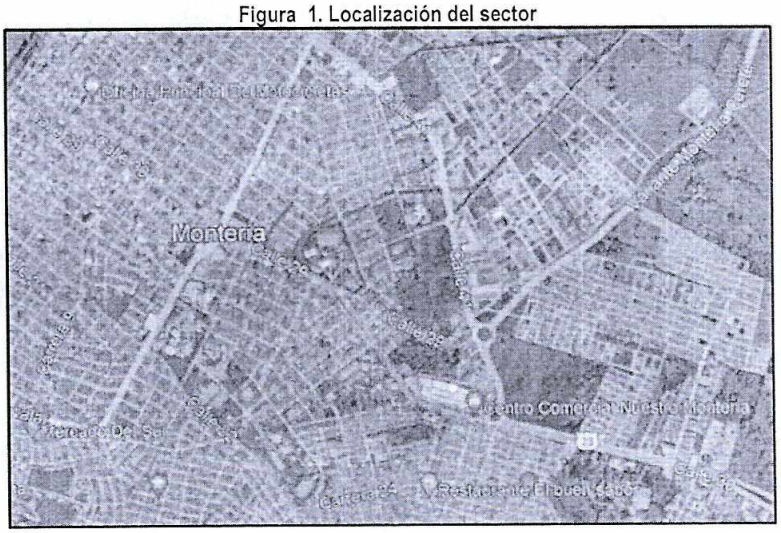
2.1 Localización del proyecto

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. Este estudio presenta como objeto diseñar la estructura de pavimento rígido de los tramos viales urbanos correspondientes a la comuna 8. A continuación, se muestra una relación de las vías y una imagen del sector:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

Tramo vial
Salida de Los barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41
Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41
Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29

Figura 1. Localización del sector



Fuente: Google (2024). [Calle 70, Carepa, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

2.2 Descripción del proyecto

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 2500 m de pavimento en concreto hidráulico, distribuidos en los tramos mostrados anteriormente. Como característica principal se evidencia la circulación en dos sentidos, con dos carriles, con un ancho de vía especifica en cada tramo vial. La anterior descripción se realiza con base en la información suministrada por el solicitante y la visita de campo.

3. Metodología

3.1 Trabajo de campo geotécnico

En primera instancia se realizaron diecinueve (19) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 m, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF. Los apiques de identificaron con la letra "A" seguido de un número, el cual indica el orden en que se desarrollaron.

La información se encuentra consignada en el documento "***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNA 8 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***" desarrollado por Ing. Esp. **Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024.**

3.2 Caracterización vehicular

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el Transito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez las vías intervenidas entren en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

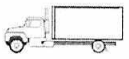
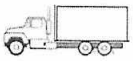
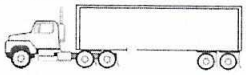
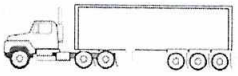
En este estudio es necesario tener en cuenta varios aspectos referidos a la clasificación de los vehículos, los factores de equivalencia de carga, distribución direccional y por carril y la proyección de las variables en la vida de diseño.

Para la caracterización de la carga vehicular, se desarrollaron conteos en diferentes puntos (estaciones de conteo) en adyacentes a las vías donde se proyecta la intervención, estos conteos se realizaron los días 26, 27 y 31 de agosto. La supervisión de la actividad del conteo vehicular y el

procesamiento de la información estuvo a cargo del Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres.

Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 2. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Doblетroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

El tránsito promedio diario [TPD] se obtendrá con base en las estimaciones mencionadas anteriormente. Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por los tramos viales a intervenir durante el periodo de diseño, bastará con determinar la composición vehicular en términos porcentuales y a partir de esta determinar la fracción de cada tipo de vehículo comercial.

En términos de número de ejes simples, tándem y trídem en el periodo de diseño se puede determinar así:

$$N_{ejes} = \frac{\#Ejes}{día} * \frac{K_2}{100} * K_3 * n * 365$$

Donde:

$\#Ejes$: número de ejes según determinada carga y configuración

K_2: factor carril

K_3: factor de proyección

n: periodo de diseño en años

365: número de días de un año

N_{ejes}: número acumulado de ejes según determinada carga y configuración.

Para la caracterización de la variable transito empleada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por Portland Cement Association - PCA (1984) se realiza la cuantificación a través de espectros de carga o del número de ejes pesados o comerciales de determinada carga y configuración. Dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor carril [k_2], el cual, depende del TPD y del número de carril en una dirección. A continuación, se muestra en la tabla 1, los valores k_2.

Tabla 2. Estimación del factor carril

TPD [vehículo/día]	Dos carriles en una dirección	Tres carriles en una dirección
	Factor carril, k2 [%]	
1000	100	-
2000	95	-
3000	91	78
4000	89	76
5000	87	74
6000	85	73
7000	84	72
8000	83	70
9000	82	69
10000	81	68
15000	78	65
20000	75	63
30000	72	59
40000	68	57
60000	-	54
80000	-	52

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

Así mismo, dentro del procedimiento que realiza para la obtención del número de ejes esperados que circulen en el carril de diseño durante el periodo de diseño se requiere el valor del factor proyección [k_3], el cual, depende del crecimiento anual del tránsito y del periodo de diseño. A continuación, se muestra en la tabla 2, los valores k_3.

El uso de este factor es fundamental para la caracterización de la variable de tránsito utilizada en el método de diseño de pavimento rígido propuesto por la PCA.

Tabla 3. Estimación de K_3 para la proyección de tráfico

Tasa de crecimiento anual de tránsito, i [%]	Periodo de diseño, n = 20 años	Periodo de diseño, n = 40 años
	k3	
1.00	1.1	1.2
1.50	1.2	1.3
2.00	1.2	1.5
2.50	1.3	1.6
3.00	1.3	1.8
3.50	1.4	2
4.00	1.5	2.2
4.50	1.6	2.4
5.00	1.6	2.7
5.50	1.7	2.9
6.00	1.8	3.2

Fuente: (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2022)

3.3 Diseño de estructura de pavimento

Para la determinación de los espesores de losa de concreto hidráulico y sub base granular se procedió a través del uso de la metodología de diseño PCA. El espesor de losa y sub base granular será el que cumpla con los criterios de fatiga y erosión expuesto en el método de diseño [PCA]. A continuación, se enuncia los aspectos relevantes de cada metodología de diseño.

3.1.1 Método Portland Cement Association [PCA]para diseño de pavimentos de concreto

La metodología expuesta por la Portland Cement Association [PCA], la cual, considera el efecto de confinamiento lateral a través de bermas o la ausencia de este; así mismo, contempla como mecanismo de transferencia de carga entre losas dos alternativas: trabazón de agregados o pasadores. El método de la PCA para diseño de pavimentos rígidos considera dos criterios de diseño, los cuales se expondrán de manera corta a continuación:

3.1.1.1 Análisis de fatiga

Considera que la estructura de pavimento puede fallar por fatiga en el concreto hidráulico de las losas que conforman la capa de rodadura, producto de las repeticiones de la carga vehicular en el periodo de diseño. El daño acumulado por fatiga durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de fatiga que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.1.2 Análisis de Erosión

Considera que los pavimentos fallan por bombeo (lavado de finos), erosión en la fundación, o deterioro de las juntas. Las probables fallas enunciadas anteriormente están asociadas a la presencia de deflexiones. El daño acumulado por erosión durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles por erosión de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de erosión que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.1.2 Variables de diseño método Portland Cement Association [PCA]

Para el diseño de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido se debe considerar las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas
- Periodo de diseño
- Caracterización de cargas vehiculares.

4.0 Resultados

4.1 Caracterización geotécnica

4.1.1 Descripción de la subrasante

Para la caracterización de los tramos viales se realizaron diecinueve (19) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, a una profundidad de 1.50 m, a los cuales se les tomó muestras inalteradas cada vez que se evidenció cambio en las características físicas (color, textura, contenido de humedad, etc). A las muestras extraídas se les desarrollaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límite líquido
- Límite plástico
- Gradación
- Capacidad relativa de soporte
- Expansión libre

Las características principales encontradas en los tramos viales, en el municipio de Montería, Córdoba se encuentran en las tablas 13, 14, 15, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 49, 50, y 51 del documento ***ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS EN BARRIOS DE LAS COMUNA 8 EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA***." desarrollado por Ing. Esp. Robinson Martínez Sandoval en septiembre de 2024".

4.1.2 Valor de capacidad relativa de soporte

Para la medición de la capacidad relativa se tomó muestras inalteradas para la evaluación de la capacidad relativa de soporte [CBR] del suelo en condición natural. Para la obtención del valor de capacidad relativa de soporte del tramo vial se utilizó un promedio entre los valores de CBR de los apiques, para una condición sumergida, debido a las condiciones hidráulicas de la zona. En los tramos donde se encontró un espesor de material de lleno superior a 0.90m se tomó una muestra alterada representativa y desarrollo el ensayo de CBR en laboratorio.

Tabla 4. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR

Tramo vial	CBR [%]
Salida de Los barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	4.1
Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	7.6
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48	Lab (22%)
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34	7.6
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41	6.2
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b	Lab (28%)
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41	Lab (25%)
Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38	4.9
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39	12.9
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39	6.7
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39	6.2
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38	5.3
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29	5.8

4.1.3 Mejoramiento de la subrasante

Este aspecto es fundamental para la evaluación de la propiedad mecánica del soporte del conjunto de las capas que servirán de apoyo a la losa de concreto hidráulico, así mismo, se realizó un evaluación del espesor de la capa de rodadura existente, con el objeto de revisar el aporte de esta como material de mejoramiento una vez se desarrolle la actividad de corte para la construcción de la capa de sub base y espesor de losa., es decir, se deberá tener en cuenta el aporte estructural del material remanente en términos de resistencia mecánica. A continuación, se muestra en la tabla 5 los espesores de relleno existente y el espesor remanente al realizar un corte de 400 mm.

Tabla 5 Espesores de relleno existente y espesor remante

Descripción	Espesor De Relleno Existente [mm]	Espesor relleno Después de corte de 400 mm Promedio [mm]
Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	Sin Relleno, Vía Nueva	0
Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	600	200
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48	900	500
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34	400	0
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41	600	200
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b	>1000	600
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41	>1000	600

Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38	200	-200
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39	500	100
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39	450	150
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39	650	250
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38	400	0
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29	450	50

Con el objeto de homogenizar el soporte de las estructuras de pavimento proyectadas en los diferentes tramos viales, se estima 65 MPa/m como valor mínimo de K del conjunto de la combinación de sub base y material de mejoramiento, es decir, se deberá garantizar este valor ya sea a través del aporte estructural del material remanente una vez que este tenga un espesor considerable y un valor de capacidad relativa de soporte suficiente o a través de la colocación, conformación y compactación de una capa nueva de material granular.

El espesor de mejoramiento de subrasante en material granular existente deberá ser mínimo 400 mm, siempre que el espesor de material remanente sea menor a 400mm, ya que no se puede adicionar el material de mejoramiento encima del material remanente por temas geométricos (niveles) respecto a las viviendas adyacentes, así mismo, el valor de CBR mínimo deberá ser de 10%. La cota inferior del mejoramiento de la subrasante estará gobernada por la cota de acabado de la estructura de pavimento, la cual está sujeta al diseño geométrico de la vía, nivel de viviendas o a los cambios de pendiente longitudinal, es decir, a partir de la cota de acabado se debe descontar el espesor de la capa de rodadura (losa en concreto hidráulico), el espesor de la capa de subbase y los 400 mm de espesor mínimo del mejoramiento; para así determinar la cota de inicio del mejoramiento. Posteriormente se deberá comparar con la cota natural o actual del terreno, para así determinar si existe la necesidad de reajustar la estructura existente.

Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en la capa de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm). El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas. Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo

cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón. Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con la finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente.

4.2 Estudio de tránsito

La información se tomó del informe de tránsito elaborado por el Ingeniero Civil Jorge González Ayus, especialista en ingeniería de vías terrestres, del cual, se tomará la distribución porcentual de vehículos comerciales medida a través de los conteos desarrollados, así mimo, se hará uso de la información de TPDs consignada en el informe citado anteriormente. Las repeticiones esperadas en el periodo de diseño se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño

Cargas [ton]	Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	Cra 18b entre las calles 44a Y 48	Cra 15b entre las calles 29 Y 34	Cra 16a entre las Calles 40 Y 41	Cra 15d entre las calles 40a Y 40b	Cra 15c entre las calles 40a Y 41
	Repeticiones esperadas						
3.1	166274	55425	83137	138562	193987	221699	138562
6.0	1091868	77595	88680	88680	72052	121935	105307
6.6	166274	55425	83137	138562	193987	221699	138562
11.0	193987	55425	83137	66510	60967	110850	94222
21.0	11085	0	0	0	0	0	0
22.0	892339	22170	5542	22170	11085	11085	11085
24.0	5542	0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Repeticiones esperadas en el periodo de diseño

Cargas [ton]	Cra 16b entre las calles 29 y 38	Cra 16c entre las Cras 38 y 39	Cra 18 entre las Cras 38 Y 39	Cra 20 entre las Cras 38 y 39	Cra 22 Entre las Calles 29 y 38	Calle 39 entre la Cra 22 y Calle 29
	Repeticiones esperadas					
3.1	138562	83137	27712	38797	55425	110850
6.0	66510	38797	38797	44340	49882	88680

6.6	138562	83137	27712	38797	55425	110850
11.0	66510	38797	38797	44340	49882	66510
21.0	0	0	0	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	22170
24.0	0	0	0	0	0	0

La proyección de repeticiones se desarrolló para un crecimiento del 4.0% anual.

En el anexo 2 del presente informe se muestra detalladamente el procedimiento para la obtención de los valores registrados en las tablas 6 y 7.

4.3 Espesores de estructura de pavimento

4.3.1 Conformación de la subbase granular

El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 8. Franjas granulométricas del material subbase granular

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	.	7 %			6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Fuente: *Norma INVIAS INVE – 320-22, 2022*

El proceso de compactación de la capa de subbase respectivamente deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm), en el caso, que el espesor sea mayor a esta dimensión. Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones de Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

La estructura de pavimento a diseñar contempla el uso de subbase granular, a partir del espesor de esta se determina la respuesta del módulo de reacción del conjunto subbase – subrasante [kconjunto] el cual, es una variable de diseño de la estructura de pavimento. Este parámetro se obtuvo a partir del espesor de mejoramiento recomendado mínimo de 400 mm y de espesores de subbase de 200 mm.

Tabla 9. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR

Tramos viales	Espesor mejoramiento [mm]	Espesor subbase [mm]	Kconjunto [MPa/m]
Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	500	200	67
Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	400	200	67
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48	0	200	91
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34	400	200	67
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41	400	200	67
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b	0	200	105
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41	0	200	98
Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38	400	200	66
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39	400	200	67
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39	400	200	67
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39	400	200	67
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38	400	200	66
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29	400	200	66

En el anexo 1 del presente informe se expresa detalladamente el procedimiento para la determinación del valor de K del conjunto.

4.3.2 Diseño Estructura de pavimento rígido

Una vez determinadas las propiedades geomecánicas del suelo, así como la variable transito; se procedió a diseñar la estructura de pavimento correspondiente a la zona de estudio, teniendo en cuenta los diferentes parámetros que intervienen tales como el confinamiento, el modo de transferencia de carga, módulo de rotura a la flexión de la mezcla de concreto hidráulico a utilizar. Para el diseño de toda la estructura de pavimento se utilizó la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

A continuación, se muestran los valores y condiciones de las diferentes variables de diseño:

- Módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante: mayor a 65 MPa/m según las combinaciones de mejoramiento – subbase consignadas en la tabla 9.
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico: para un numero de camiones diario entre 25 y 150 la tabla 3.1 del anexo 3 del manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS recomienda 40 kgf/cm^2 .
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento: No bermas
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas: Dovelas
- Periodo de diseño: 20 años
- Factor de seguridad de carga: para un TPDs menor a 500 se considera nivel de tránsito NT1 para el cual, el método de diseño de PCA sugiere mayorar las cargas a través de un factor de 1.0
- Caracterización de cargas vehiculares: tabla 6 y 7 del presente informe.

A continuación, se muestran los resultados en cada una de las corridas de acuerdo con las condiciones enunciadas anteriormente:

Tabla 10. Resultados de diseño de espesor de losa

Tramos viales	Módulo de rotura, Mr [kgf/cm^2]	Espesor de losa [mm]	Consumo de fatiga [%]	Consumo de erosión [%]
Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	40	210	74.816	42.94

Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	40	200	66.229	3.049
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48	40	200	39.291	2.571
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34	40	200	79.345	3.386
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41	40	200	73.369	2.524
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b	40	200	32.96	3.505
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41	40	200	35.312	3.115
Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38	40	200	81.611	1.965
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39	40	200	45.039	1.142
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39	40	200	42.24	1.135
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39	40	200	53.115	1.299
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38	40	200	60.678	1.465
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29	40	200	80.85	3.389

En el anexo 3 del presente informe se muestra el proceso de obtención de los valores de consumo de fatiga y erosión para diferentes tramos viales, según la combinación de espesor de losas y parámetros de resistencia del soporte.

4.4 Geometría de losas de concreto hidráulico

Para la modulación de las losas se adopta los criterios expuestos en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013, en el artículo 500 en el numeral **5.2.2.3 Refuerzo de losas**, se describe las siguientes situaciones en las cuales se debe colocar acero de refuerzo.

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor a 1.40
- Losas de forma irregular (diferente a la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacente.

Si bien no está explicito un criterio de relación largo/ ancho se infiere un valor máximo de 1.40, debido a que para valores inferiores no se requiere de refuerzo en las losas.

Sin embargo, en el Manual de diseño de pavimento de concreto de bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, está especificado en el capítulo 6 Consideraciones sobre pavimentos especiales "**En general se recomienda que el espesor de cualquier losa para pavimentos de concreto no tenga menos**

de 13 cm de espesor y que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma".

En el presente diseño se adopta el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación larga – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Tabla 11. Modulación de losas de concreto

Tramos viales	Ancho de vía [m]	Ancho de carril [m]	Longitud máxima de losa [m]
Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	7.00	3.50	3.65
Calle 46 Entre La Cra 18 Y La Vía Montería - San Carlos	6.00	3.00	3.60
Cra 18b Entre Las Calles 44a Y 48	6.00	3.00	3.60
Cra 15b Entre Las Calles 29 Y 34	7.00	3.50	3.65
Cra 16a Entre Las Calles 40 Y 41	7.00	3.50	3.65
Cra 15d Entre Las Calles 40a Y 40b	7.00	3.50	3.65
Cra 15c Entre Las Calles 40a Y 41	7.00	3.50	3.65
Cra 16b Entre Las Calles 29 Y 38	7.00	3.50	3.65
Cra 16c Entre Las Cras 38 Y 39	7.00	3.50	3.65
Cra 18 Entre Las Cras 38 Y 39	7.00	3.50	3.65
Cra 20 Entre Las Cras 38 Y 39	6.00	3.00	3.60
Cra 22 Entre Las Calles 29 Y 38	6.00	3.00	3.60
Calle 39 Entre La Cra 22 Y Calle 29	7.00	3.50	3.65

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para determinar la longitud máxima de losas.

En los pozos de inspección, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

Figura 3. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados

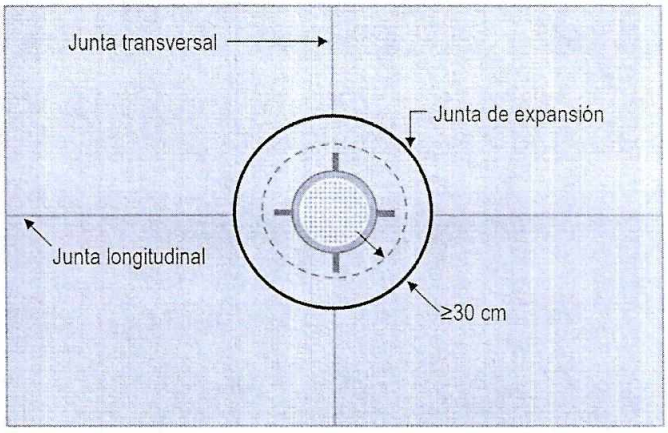
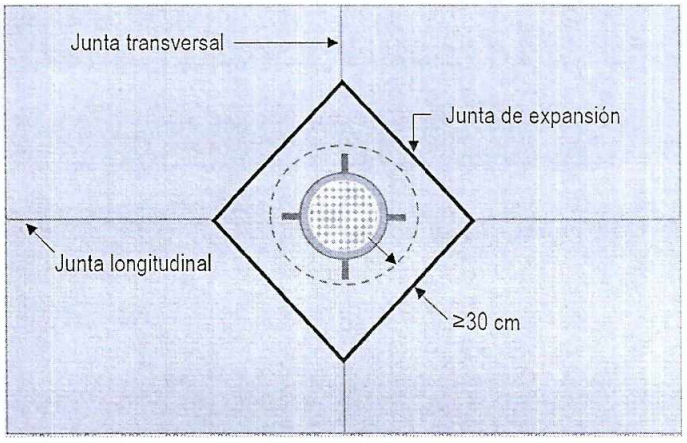
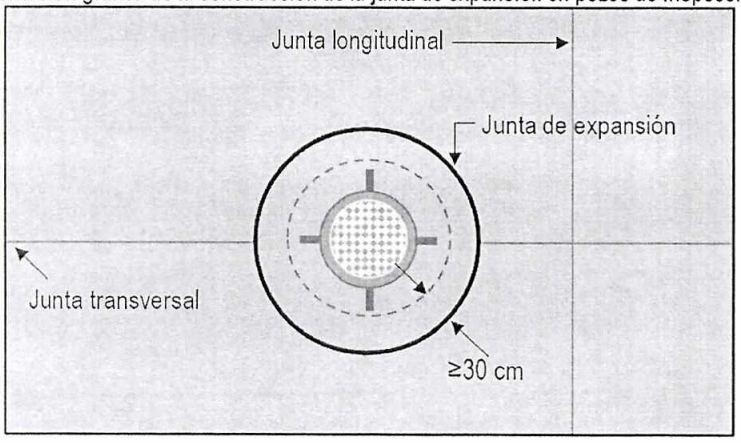


Figura 4.Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).



Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.



Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Figura 6. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección

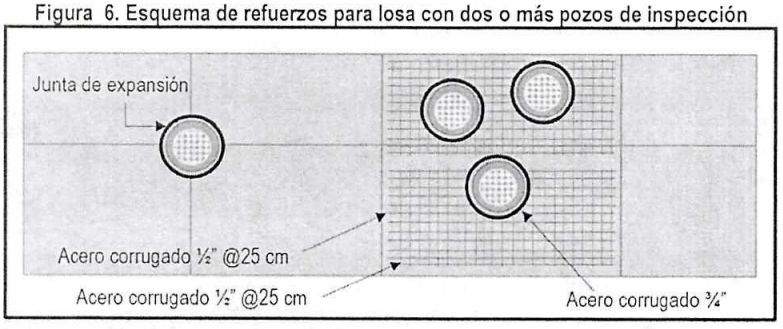
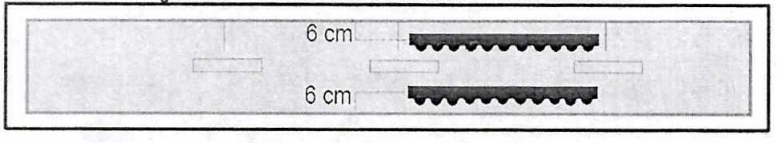


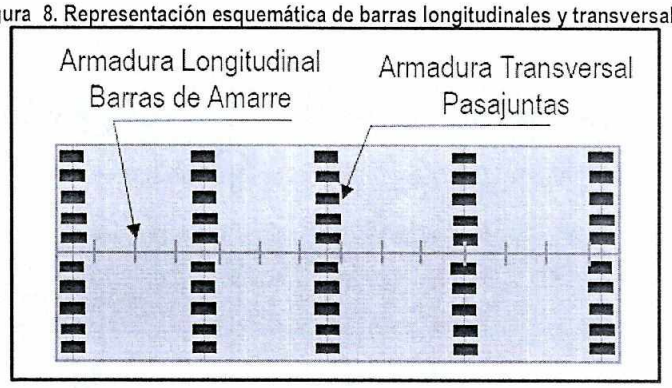
Figura 7. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa



4.5 Diseño de juntas

Las juntas longitudinales las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa.

Figura 8. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales



Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje se puede hacer según los criterios indicados.

Figura 9.Acero de refuerzo de junta longitudinal

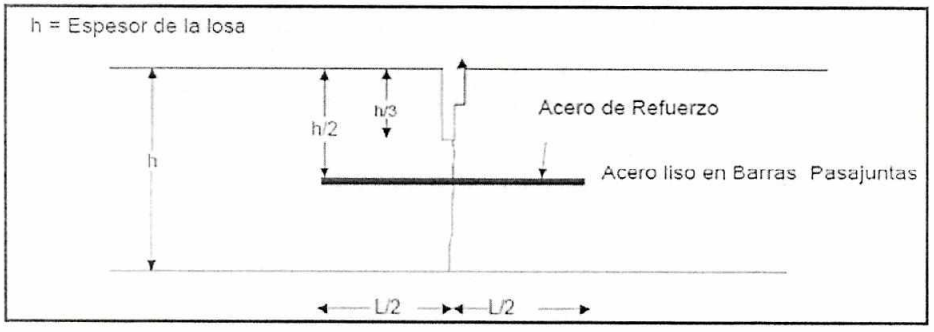
Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40,000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,95	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,65	0,60	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60,000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: *Londoño & Álvarez, 2008*

Las barras pasajuntas (Usadas en Juntas Transversales, de Construcción y en algunos casos de Expansión) se utilizan como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero liso, engrasado en ambos extremos y deberán quedar ahogadas en las losas con las dimensiones y en la posición indicada en la figura. Con un límite de

fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-13 y el Artículo INV 640-13

Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales



Fuente: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013

Figura 11.Acero de refuerzo de junta transversal

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Para el diseño propuesto el acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

Tabla 12. Característica de acero de juntas transversales.

Espesor del pavimento [mm]	Diámetro del pasador [in]	Longitud [mm]	Separación entre centros [mm]
200	1	350	300
210	$1\frac{1}{8}$	400	300

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 13. Característica de acero de juntas longitudinales

Espesor de losa [mm]	Diámetro barra [in]	Separación [mm]	Longitud [mm]
200	½	1200	850
210	½	1200	850

Según las dimensiones escogidas, la distribución final de la estructura de pavimento sería de la siguiente forma:

Figura 12. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 6.0m

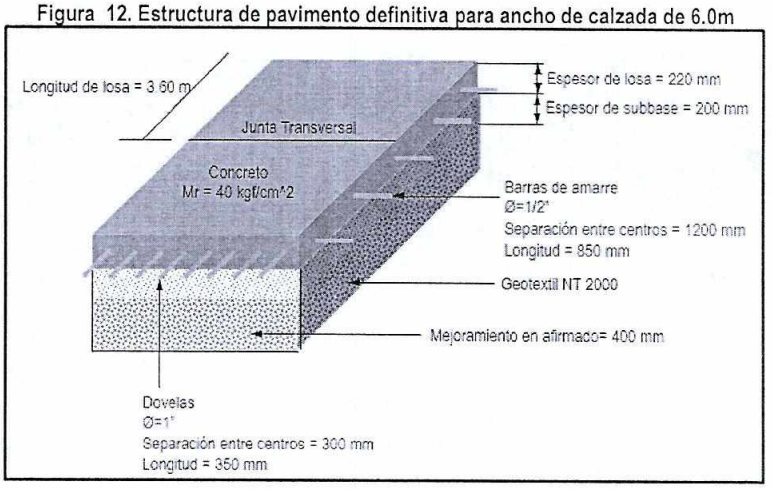
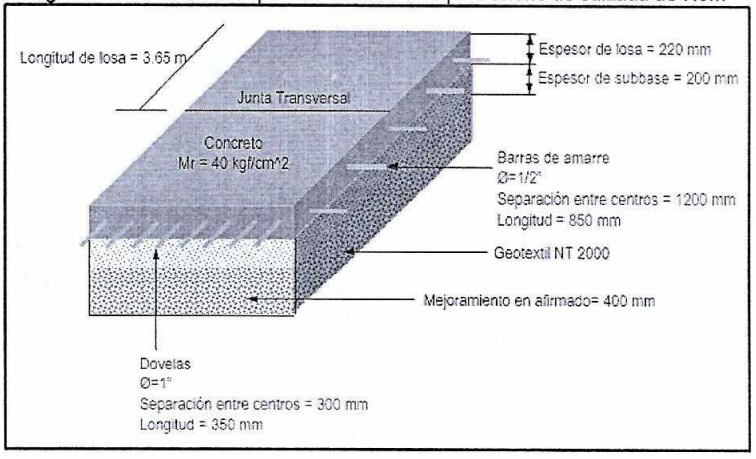


Figura 13. Estructura de pavimento definitiva para ancho de calzada de 7.0m



4.6 Sello de juntas

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor.

La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

4.7 Drenajes

En los sectores o tramos viales a pavimentar se recomienda un sistema de drenaje adecuado, pendientes transversales del 2.00% y longitudinales al menos de 0.50%, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía producto de la precipitación pluvial, sin embargo, el valor de las pendientes está sujeto al diseño geométrico de la vía. El uso de sistemas de drenajes sub superficial no se considera dentro del alcance del presente informe, debido a que obedece al desarrollo de un análisis hidrológico e hidráulico.

5.0 Conclusiones

El diseño de los espesores de las nuevas estructuras de pavimento proyectadas se realizó a través del método de diseño propuesto por Portland Cement Association [PCA]. Las estructuras de pavimento diseñadas se analizaron para diferentes valores de módulo de reacción del conjunto sub base - subrasante, los cuales, resultaron de la combinación de un espesor de mejoramiento [400mm] y el valor mínimo de CBR del material de mejoramiento, el cual, se seleccionó un valor de 10%. Para el desarrollo de numérico de los resultados del módulo de reacción de la subrasante se utilizó la expresión de Ivanov. El espesor de la capa de apoyo subbase se analizó para un único valor de 200mm. La característica mecánica de la capa de rodadura se revisó un único valor de módulo de rotura a flexión de 40 kgf/cm^2.

El desarrollo del análisis de sensibilidad de las diferentes variables enunciadas anteriormente articuladas con la variable transito arrojo la siguiente estructura de pavimento:

Tabla 14. Espesores de estructura de pavimento tramo vial salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41

Municipio	Tramo vial	Módulo de rotura flexión de la mezcla de concreto hidráulico [kgf/cm^2.]	Espesor de concreto [mm]	Espesor de sub-base granular [mm]	Espesor mejoramiento [mm]
Montería	**Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41**	40	210	200	400

Tabla 15. Espesores de estructura de pavimento para el resto de los tramos viales.

Municipio	Tramo vial	Módulo de rotura flexión de la mezcla de concreto hidráulico [kgf/cm².]	Espesor de concreto [mm]	Espesor de sub-base granular [mm]	Espesor mejoramiento [mm]
Montería	Todos los tramos viales excepto Salida De Los Barrios San Antonio, Villa Fátima y Villa Sorrento hacia La Calle 41	40	200	200	400

La selección de esta combinación de variables se realizó con base a los criterios de fatiga y erosión que propone le método de diseño PCA, el cual, expresa que no debe superar el 100%. En la tabla 10 del presente informe se evidencia los valores del consumo de fatiga y erosión de los diferentes tramos viales.

Para el dimensionamiento en planta (largo y ancho de losa) de la estructura de pavimento seleccionada se adoptó el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación largo – ancho máximo de 1.30. Así mismo, se verifica que la longitud de las losas sea el menor valor ente 24 veces el espesor [h] de esta y cinco (5) veces el radio de rigidez relativa [l]. En el anexo 4 del presente informe, se evidencia la verificación de estos criterios.

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6 cm de la parte superior e inferior de la losa. En el anexo 4 de este informe se muestra de manera detallada el proceso para determinar la longitud máxima de losas.

6.0 Recomendaciones

El proceso de compactación de esta capa deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,15m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de subbase en el laboratorio. El objeto de la construcción de la subbase granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de la capa de subbase granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de subbase granular INV 320-22 del INVIAS.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

El material utilizado como subbase granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de subbase granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones referenciadas para Afirmado y Subbase (INV 311-22, INV 320 -22).

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Así mismo, si fuera necesario desarrollar la construcción de la capa de mejoramiento, este procedimiento consiste en conformar una capa de espesor de 400mm en material granular. Para la conformación del mejoramiento se realizará un proceso de compactación, el cual deberá ser realizado por subcapas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm). Se debe compactar cada subcapa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de mejoramiento granular en el laboratorio. El material de mejoramiento debe tener un valor de CBR mínimo de10% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -22 y INV 311 – 22 de la norma INVIAS.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%): - NT1 - NT2 - NT3	E-218	 50 30 30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 — 100	60 — 85	40 — 65	30 — 50	13 — 30	9 — 18
A-25	-	100	90 — 100	65 — 90	45 — 70	35 — 55	15 — 35	10 — 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

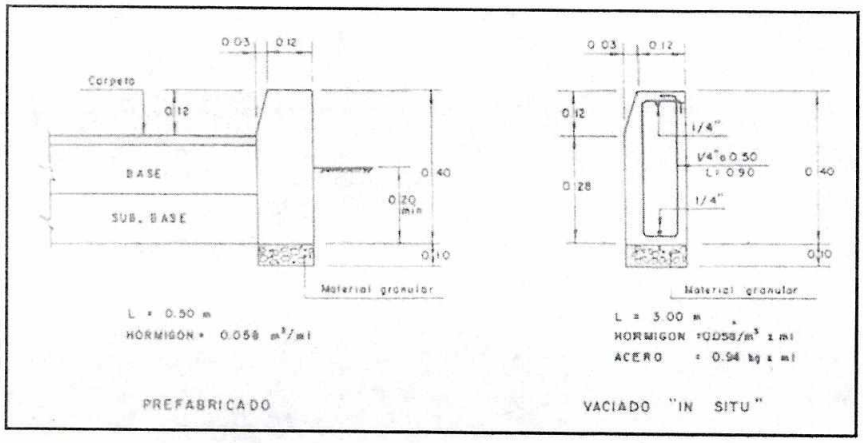
Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.10}$	0,20 – 0,45
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.\ 40}$	≤ 2/3
(% pasa tamiz de 1 pulgada) - (% pasa tamiz nro. 10) × *(% pasa tamiz nro. 4)*	16 – 34
(% de contracción lineal) × *(% pasa tamiz nro. 40)*	100 – 240

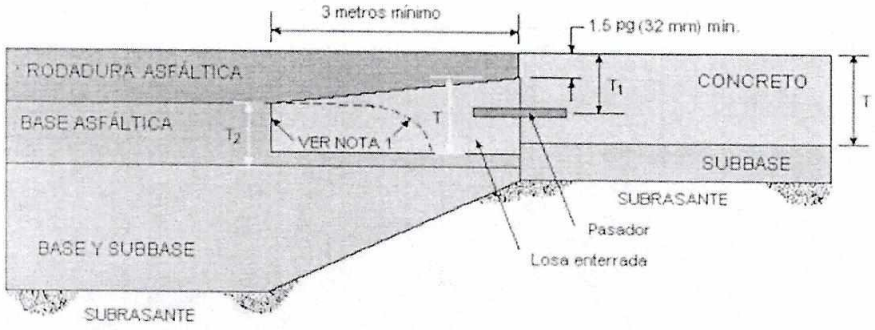
Las losas de la capa de rodadura deben ser elaboradas con una mezcla de concreto hidráulico, que presente como característica principal en estado endurecido, un valor módulo de rotura a la flexión de 40 kg/cm² a 28 días.

Si requieren bordillos estos pueden ser prefabricados (sin refuerzo) o fundidos in situ (con refuerzo), con un ancho de 0,15m (150mm) y altura 0,50m (500mm). En el caso que sea fundido "in situ" el bordillo, este deberá llevar dilataciones cada 0.80m (800mm) de tal modo que, de una apariencia de bordillo prefabricado. Los bordillos deben tener una pendiente longitudinal similar a la del eje de la vía (0,50%). La mezcla de concreto hidráulico debe tener como requerimiento de resistencia a la compresión 17.50 MPa.

Figura 1. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ"



En caso de que llegase a presentar una transición de pavimento flexible a pavimento rígido se recomienda desarrollar el proceso constructivo descrito en la siguiente imagen:



Fuente: *(Sánchez, 2016, diapositiva 91)*

Donde:

T: espesor de diseño del pavimento rígido

T_1: (T + 1.5") /2 o T_1: (T + 75mm) /2

T_2: T-4.5" pero no menor de 6" o T_2: T-115 mm, pero no menor de 150 mm

Nota 1. "Extender y compactar la capa de base asfáltica al menos 1 metro, como lo muestra la línea punteada. Cortar la base asfáltica compactada hasta la línea sólida vertical, para formar la losa enterrada. Usar esta cara vertical como formaleta para construir la losa enterrada"

7.0 limitaciones del estudio

Las recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en las condiciones de campo observadas, los resultados de laboratorio y el análisis de ingeniería anteriormente descrito. Si durante la ejecución llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, esta situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.

JORGE ANTONIO GONZÁLEZ AYUS
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES
TP. 22202-110769COR

8.0 Bibliografía

Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2013). *Especificaciones, diseño y construcción Pavimentos de Concreto Hidraulico.* Bogota: Asocreto.

CORONADO, C., VILLAFAÑE, R., & RIOS, L. (s.f.). *Resistencia de los Suelos a la licuación.* . Colombia.

Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones* (Cuarta ed.). México: International Thomson Editores.

DAS, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

Earth, G. (2016).

ECOPETROL. (2002). *Interpretación de Radar Sinú- San Jacinto.*

INVIAS. (2007). *NORMA INV E 132-07.* Bogotá, Colombia .

INVIAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* (ICPC, Ed.) INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.

Londoño, C., & Álvarez, J. (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.* Medellin: ICPC.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO H*, H-49.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO A.*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *PREFACIO*, vi-v.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2022). *PAVIMENTOS Materiales, construcción y diseño.* Bogotá: ECOE EDICIONES.

DISEÑO DE PAVIMENTO - SUCRE - PLAYA BRIGIDA

ROBINSON MARTÍNEZ

INFORME DE DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRIGIDA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, COMUNA 7.

ELABORADO POR:

ROBINSON MARTINEZ SANDOVAL
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
MAGISTER EN INGENIERIA

ABRIL 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
1. OBJETIVOS 2
1.1 OBJETIVO GENERAL 2
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 2
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO 3
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 3
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 4
3.0 METODOLOGIA 5
3.1 TRABAJO DE CAMPO GEOTECNICO 5
3.2 PROGRAMA DE ENSAYOS DE LABORAROTIO 5
3.3 CARACTERIZACIÓN VEHICULAR 6
3.4 DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 10
3.4.1 Análisis de fatiga 10
3.4.2 Análisis de Erosión 10
3.4.3 Variables de Diseño 11
4.0 RESULTADOS 12
4.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 12
4.1.1 Descripción de subrasante 12
4.1.3 Valor de capacidad relativa de soporte 13
4.1.2 Mejoramiento de la subrasante 14
4.2 ESTUDIO DE TRANSITO 18
4.3 ESPESORES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 19
4.3.1 Conformación de la sub base granular 19
4.3.2 Diseño Estructuras de pavimento rígido 21
4.3.3 Análisis de sensibilidad de espesores de la estructura de pavimento. 23
4.4 GEOMETRIA DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO 24

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

4.5 DISEÑO DE JUNTAS 29
4.6 SELLO DE JUNTAS 33
4.7 DRENAJES 34
5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35
6.0 LIMITACIONES DEL ESTUDIO 43
BIBLIOGRAFÍA 44
ANEXOS 45

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de daño 8
Tabla 2. Descripción de materiales encontrados en la exploración geotécnica 13
Tabla 3. Resumen evaluación CBR en diferentes condiciones. 14
Tabla 4. Franjas granulométricas del material sub- base granular 19
Tabla 5. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR para 200 mm de mejoramiento 20
Tabla 6. Resultados de alternativas de diseño. 22
Tabla 7. Alternativas de estructura de pavimento con consumo de fatiga menor a 60% 24
Tabla 8. Diseño de estructura de pavimento seleccionada 24
Tabla 9. Modulación de losas de concreto 25
Tabla 10. Acero de refuerzo de junta longitudinal 31
Tabla 11. Acero de refuerzo de junta transversal 32
Tabla 12. Característica de acero de juntas transversales 33
Tabla 13. Característica de acero de juntas longitudinales 33
Tabla 14.Modulación de las losas según el ancho de carril 39
Tabla 15. Espesores de estructura de pavimento a construir 39
Tabla 16. Característica de acero de juntas transversales 40
Tabla 17. Característica de acero de juntas longitudinales 40

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector 3
Figura 2. Categorización de camiones 7
Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante 18
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados. 26
Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa). 27
Figura 6. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados. 28
Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección 29
Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa 29
Figura 9. Representación esquemática de barras longitudinales y transversales 30
Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales 32
Figura 11. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ" 41

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presentan los resultados del diseño de espesores de la estructura de pavimento rígido con capa de rodadura en concreto hidráulico en las vías de los barrios Sucre y Playa Brigida en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, para lo cual se requiere de la caracterización de las propiedades geomecánicas del suelo de soporte y de las descripciones de la carga vehicular proyectada en el periodo de diseño.

ROBINSON MARTÍNEZ

Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar los espesores de subbase granular y capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido en función de las características mecánicas del suelo natural de soporte y las cargas vehiculares en el periodo de diseño, para las vías de los barrios Sucre y Playa Brigida en el municipio de Montería, utilizando el método de diseño de la Portland Cement Association [PCA].

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el espesor de subbase granular de la estructura de pavimento de rígido en función del aporte que genera al conjunto Sub base – subrasante.
- Determinar el espesor de la capa de rodadura en concreto hidráulico en función de la respuesta mecánica del conjunto sub base – subrasante.
- Determinar la geometría de las losas de concreto hidráulico que conforman la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido
- Desarrollar un análisis de sensibilidad de las variables que intervienen en el diseño de la estructura de pavimento rígido

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

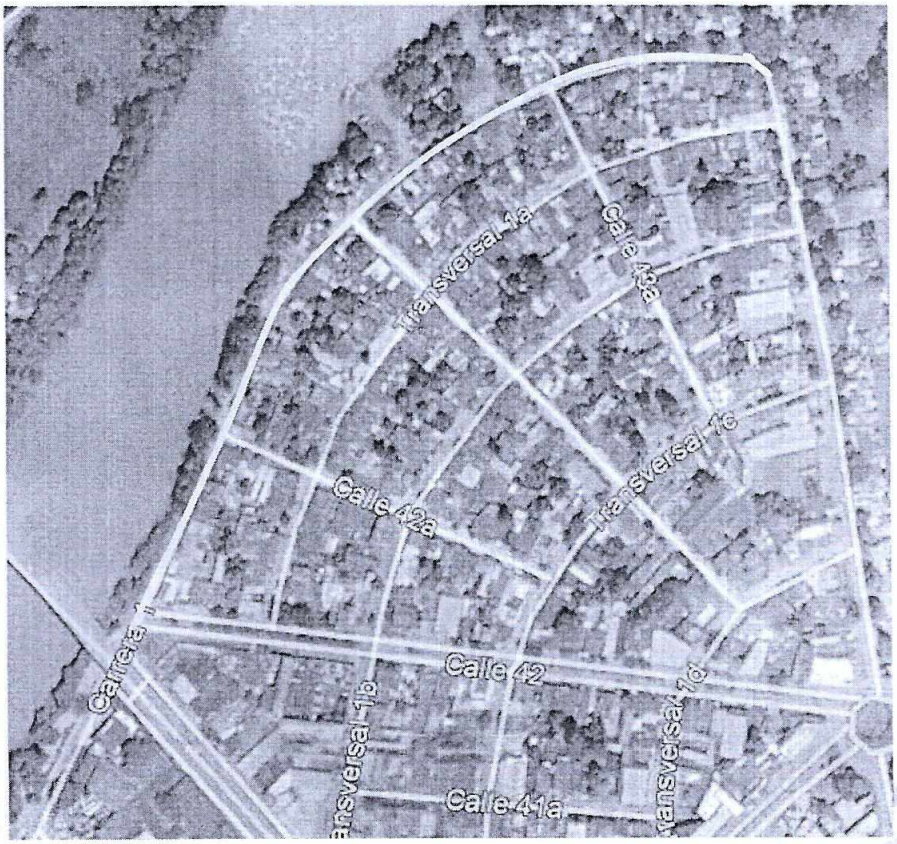
2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en consideración se localiza en el casco urbano del Municipio de Montería, en el Departamento de Córdoba. Este estudio presenta como objeto diseñar las estructuras de pavimento rígido de las vías de los barrios Sucre y Playa Brigida.

A continuación, se muestra una imagen del sector:

Figura 1. Localización del sector



Fuente: GOOGLE EARTH, 2021 (Las imágenes de Google EARTH no son en tiempo real)

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 629 m de pavimento en concreto hidráulico, distribuidos en los diferentes tramos mostrados anteriormente. Como característica principal se evidencia la circulación en una sola calzada, con dos carriles. Con un ancho variable de 5.00 m de vía, seguidamente.

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

3.0 METODOLOGIA

3.1 TRABAJO DE CAMPO GEOTECNICO

En primera instancia se realizaron cuatro (4) apiques o calicatas exploratorias ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad que varió entre 1.50 m y 1.70 metros, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF. Los apiques de identificaron con la letra "A" seguido de un número, el cual indica el orden en que se desarrollaron estos.

3.2 PROGRAMA DE ENSAYOS DE LABORAROTIO

Con el objeto de realizar una investigación en laboratorio de las características físicas y mecánicas de los diferentes estratos encontrados en los apiques con el fin de determinar la competencia mecánica de los mismos. Se realizaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural.
- Humedad de saturación.
- Límites de Atterberg (Limite Líquido y Limite Plástico).
- Ensayo de Capacidad Relativa de Soporte (CBR) en estado inalterado sumergido y sin sumergir.
- Medición de expansión libre.

Los diferentes ensayos realizados a las muestras extraídas de las potenciales subrasantes son necesarios para obtener la clasificación de los suelos y los parámetros de resistencias respectivos para el cálculo de la capacidad relativa de soporte del suelo de fundación. Así mismo, la exploración

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

de campo realizada nos permite observar los niveles de aguas freáticas o aguas de infiltración, para de esta manera tenerlos en cuenta y/o plantear las alternativas del manejo de estas para controlar problemas de carácter constructivo y de capacidad relativa de soporte.

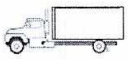
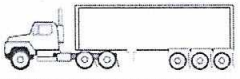
3.3 CARACTERIZACIÓN VEHICULAR

Una de las variables de mayor importancia en el diseño de estructuras de pavimento es el Transito, el cual, se categoriza en vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones), siendo los vehículos comerciales los que generan los deterioros de la vida útil del pavimento durante el periodo de diseño. Por lo anteriormente expuesto se hace necesario estimar la cantidad de vehículos comerciales que transitan actualmente en la zona del proyecto, así mismo, estimar el crecimiento de la circulación de vehículos una vez las vías intervenidas entren en funcionamiento y de esta manera proyectar la circulación durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

En este estudio es necesario tener en cuenta varios aspectos referidos a la clasificación de los vehículos, los factores de equivalencia de carga, distribución direccional y por carril y la proyección de las variables en la vida de diseño.

Para el análisis de la variable transito se desarrollaron conteos vehiculares en la zona de influencia del proyecto, para lo cual se categorizaron en autos y vehículos comerciales, a su vez estos últimos se subdividieron en buses y camiones. Para la categorización de camiones se adopta la clasificación propuesta por el INVIAS, la cual se muestra a continuación:

Figura 2. Categorización de camiones

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Doble troque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: (INVIAS, 2008)

El tránsito promedio diario [TPD] se obtiene a través de conteos desarrollados en zonas con circulación similar a la que se estima estará sometida el tramo vial a intervenir. Los conteos vehiculares se realizan durante un periodo de tiempo establecido, se registran todos los vehículos que pasan por una sección de la vía (todos los carriles y ambas direcciones), luego se saca un promedio diario, para de esta manera obtener el valor de TPD. A partir de la información de los conteos se determina el porcentaje de vehículos livianos (autos) y vehículos comerciales (buses y camiones). Los conteos pueden ser semanales, mensuales e inclusive anuales, en ese caso a la sigla TPD se le incluye el subíndice "s", "m", o, "a" según sea el caso.

Para realizar la caracterización la carga vehicular en términos de ejes equivalentes de 8.2tn a la cual, estará sometido la estructura de pavimento durante el periodo de diseño, se utiliza los valores de factores de daño propuesto por la AASTHO en el método simplificado.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 1. Factor de daño

Factores de daño AASTHO – Método simplificado						
Auto, A	Buses, B	Camiones				
		C2P	C2G	C3	C3S2	C3S3
0.00	0.42	0.31	2.89	5.31	8.37	6.29

EL modelo de crecimiento o proyección de la variable transito utilizado es geométrico, el cual es de la forma:

$$TPD_n = TPD_i \cdot (1+i)^n$$

Donde,

TPDn : tránsito promedio diario en el año n

TPDi : tránsito promedio diario en el año inicial

i : rata de crecimiento de la variable tránsito

n : periodo de diseño en años

En términos de numero de ejes simples equivalentes se puede expresar así:

$$NESE_n = NESE_i \cdot (1+i)^n$$

NESEn : número de ejes simples equivalente en el año n

NESEi : número de ejes simples equivalente en el año inicial

i : rata de crecimiento de la variable tránsito

n : periodo de diseño en años

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

Para la estimación del volumen ya sea de vehículos o ejes que circularan por el tramo vial a intervenir durante el periodo de diseño, bastara con realizar la sumatoria de los tránsitos desde el periodo inicial hasta el periodo de diseño, de esta manera se encuentra el área bajo la curva del modelo de proyección entre el periodo inicial y el periodo de diseño.

$$TPD_n := \int_0^n TPD_i \cdot (1+i)^n \, dn = TPD_i \cdot \left(\frac{(1+i)^n - 1}{\ln(i+1)} \right)$$

En términos de numero de ejes simples equivalentes se puede expresar así:

$$NESE_i = TPD_i \cdot VC \cdot DC \cdot DD \cdot FD \cdot 365$$

Donde,

NESEi : número de aplicaciones de carga del eje de referencia en el carril de diseño

TPDi : tránsito promedio diario en ambas direcciones durante el año "i"

VC : porcentaje de vehículos comerciales

DD : distribución direccional del tránsito de vehículos comerciales

DC : proporción de vehículos comerciales circulantes en una dirección, que utiliza el carril de diseño

FD : factor de daño

365 : número de días de un año

$$N = \int_0^n NESE_i \cdot (1+i)^n \, dn = NESE_i \cdot \left(\frac{(1+i)^n - 1}{ln(i+1)} \right)$$

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

N : número acumulado de ejes simples equivalentes en el periodo de diseño.

3.4 DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Con la características geomecánicas del suelo de soporte y la caracterización vehicular actual y proyectada en el periodo de diseño, se procede a la determinación de espesores de sub base granular y losa de concreto hidráulico a través de la metodología expuesta por la Portland Cement Association [PCA], la cual, considera el efecto de confinamiento lateral a través de bermas o la ausencia de este; así mismo, contempla como mecanismo de transferencia de carga entre losas dos alternativas: trabazón de agregados y pasadores.

El método de la PCA para diseño de pavimentos rígidos considera dos criterios de diseño, los cuales se expondrán de manera corta a continuación:

3.4.1 Análisis de fatiga

Considera que la estructura de pavimento puede fallar por fatiga en el concreto hidráulico de las losas que conforman la capa de rodadura, producto de las repeticiones de la carga vehicular en el periodo de diseño. El daño acumulado por fatiga durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles de una carga vehicular especifica con las repeticiones proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de fatiga que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.4.2 Análisis de Erosión

Considera que los pavimentos fallan por bombeo (lavado de finos), erosión en la fundación, o deterioro de las juntas. Las probables fallas enunciadas anteriormente están asociadas a la presencia de deflexiones. El daño acumulado por erosión durante el periodo de diseño de obtendrá al comparar el número de repeticiones admisibles por erosión de una carga vehicular especifica con las repeticiones

proyectadas para la misma carga vehicular. El consumo de erosión que se obtiene al realizar la sumatoria de la relación entre repeticiones admisibles y repeticiones esperadas para todos los tipos de carga vehicular, el valor obtenido no deberá superar el 100% para ser admitido el diseño.

3.4.3 Variables de Diseño

Para el diseño de los espesores de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento rígido se debe considerar las siguientes variables:

- Módulo de reacción de la subrasante
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas
- Periodo de diseño
- Caracterización de cargas vehiculares.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

4.0 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

4.1.1 Descripción de subrasante

Para la caracterización de los tramos se realizaron 4 apiques a una profundidad entre 1.50m y 1.70m, a los cuales se les tomó muestras inalteradas cada vez que se evidenció cambio en las características físicas (color, textura, contenido de humedad, etc). A las muestras extraídas se les desarrollaron los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Peso unitario
- Límite líquido
- Límite plástico
- Gradación
- Capacidad relativa de soporte
- Expansión libre

Los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio determinaron que el suelo de soporte clasificó según el sistema de clasificación de la AASTHO como A-6, A-1-a y A-7-6 lo cual, es característico de materiales con comportamiento mecánico pobre, asociado a subrasantes conformadas por limos y arcillas. La humedad natural de los materiales encontrados osciló entre 29% y 15%, también se observó la variación del límite liquido entre 41% y 25%. Lo anteriormente descrito unido a los valores de expansión libre obtenidos confirman un potencial de expansión entre bajo y medio, esta situación es probable en la profundidad activa de la subrasante, en la cual, la influencia de los cambios de humedad es significativa.

En ninguna de las exploraciones realizadas se encontró la presencia de aguas freáticas.

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

Los resultados en los cuales se fundamentó la anterior descripción esta registrado en el informe de exploración de subrasante del mismo proyecto.

Tabla 2. Descripción de materiales encontrados en la exploración geotécnica

TRAMO	UBICACIÓN	APIQUE	MUESTRA	AASTHO	S.U.C.S	LL (%)	IP (%)	EXPANSIÓN LIBRE (%)	POTENCIAL EXPANSIVO
	CRA 1 CLL 42-42A	A1	4	A-6	CL	31	12	0.30	Medio-bajo
	CRA 1 CLL 42A-43	A2	3	A-6	CL	35	15	1.06	Medio-bajo
	CRA 1 CLL 43-43A	A3	1	A-1-a	SP-SC	25	6	1.08	Medio-bajo
	CRA 1 CLL 43A-44	A4	4	A-7-6	CL	41	18	1.44	Medio-bajo

4.1.3 Valor de capacidad relativa de soporte

Para la medición de la capacidad relativa de soporte de los tramos viales se realizaron 3 apiques a una profundidad entre 1.50m y 1.70m, en todos se les tomó muestra inalterada para la evaluación de la capacidad relativa de soporte [CBR].

Para la obtención del valor de capacidad relativa de soporte del tramo vial se realizó un promedio aritmético entre los valores de CBR de lo apiques A1, A2, A3 y A4 para una condición sumergida, debido a las condiciones hidráulicas de la zona.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 3. Resumen evaluación CBR en diferentes condiciones.

	UBICACIÓN	APIQUE	MUESTRA	HUMEDAD		PESO UNITARIO			CBR	
TRAMO	LOCALIZACIÓN	N° APIQUE	N° CBR	NATURAL	SUMERGIDA	SECO	HUMEDO	SATURADO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
1	CRA 1 CLL 42-42A	A1	4	26.46	37.14	91.31	115.5	125.2	6.0	4.00
	CRA 1 CLL 42A-43	A2	3	24.0	30.83	84.40	104.7	110.4	16.89	6.00
	CRA 1 CLL 43-43A	A3	1	15.83	25.73	100.7	116.7	126.6	20.67	6.22
	CRA 1 CLL 43A-44	A4	4	29.0	35.59	96.84	124.9	131.3	14.6	6.22

El valor promedio obtenido de CBR en condición sumergida fue de 5.61% para las vías de los barrios Sucre y Playa Brigida.

4.1.2 Mejoramiento de la subrasante

Debido a las características granulométricas (suelos de grano fino), potencial de expansión (medio a alto) y capacidad relativa de soporte (baja), se considera el mejoramiento del suelo natural de soporte a través de la conformación de una capa en material granular tipo afirmado que cumpla con las características descritas en el artículo INV 300 -13 y INV 311 – 13 de la norma INVIAS. Anexo a este informe se encuentran los artículos citados anteriormente.

El espesor de mejoramiento de subrasante en material de afirmado deberá estar ser mínimo 0.200 m (200mm) y el valor de CBR de 15% mínimo.

La cota inferior del mejoramiento de la subrasante estará gobernada por la cota de acabado de la estructura de pavimento, la cual está sujeta al diseño geométrico de la vía, nivel de viviendas proyectadas o a los cambios de pendiente longitudinal, es decir, a partir de la cota de acabado se debe descontar el espesor de la capa de rodadura (losa en concreto hidráulico), el espesor de la capa de sub base y los 0.200m (200mm) de espesor del mejoramiento; para así determinar la cota de mejoramiento. Luego esta compararla con la cota natural o actual del terreno, para así determinar si hay que realizar corte o relleno.

El mejoramiento de 200 mm propuesto en material de afirmado se deberá realizar siempre que la estructura nueva quede en contacto el suelo en estado natural encontrado durante la exploración. Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en el suelo natural de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm). El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas. Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón.

Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con La finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente. Si esta verificación es satisfactoria, se continuará con la construcción la estructura de pavimento según los diseños especificados. Con el objeto de determinar el nuevo valor de capacidad relativa de soporte de la subrasante mejorada, se utiliza la expresión que correlaciona el calor de CBR y el módulo de resiliencia expresada en Rondón y Reyes (2008) [1] e la formulación porpuesta por Ivanov.

[1] Rondón, H., & Reyes, F. (2008). *Comportamiento de materiales granulares en pavimentos flexibles.* Bogotá: Editorial Kimpres Ltda.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

$$M_r = 17.6 \cdot CBR^{0.64}$$

$$E_{cc} = \frac{E_s}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) \cdot \left(atan\left(n \cdot \frac{h_m}{2 \cdot a}\right)\right)}$$

A continuación, se muestra el procedimiento para la obtención del valor de CBR de la subrasante mejorada para las vías los barrios Sucre y Playa Brigida:

$CBR_{SR} := [5.61]$ Valor de CBR promedio de subrasante en estado natural

$CBR_{mejoramiento} := 15$ Valor de CBR mínimo para afirmado según INV-311-13

$$M_{rSR} := 17.6\ MPa \cdot CBR_{SR}^{0.64}$$

$$M_{rMejoramiento} := 17.6\ MPa \cdot CBR_{mejoramiento}^{0.64}$$

$$E_m := M_{rMejoramiento}$$

$$E_s := M_{rSR}$$

$$n := \left(\frac{E_m}{E_s}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

$h_m := 20.00\ cm$ Espesor de mejoramiento en afirmado

$a := 10.80\ cm$

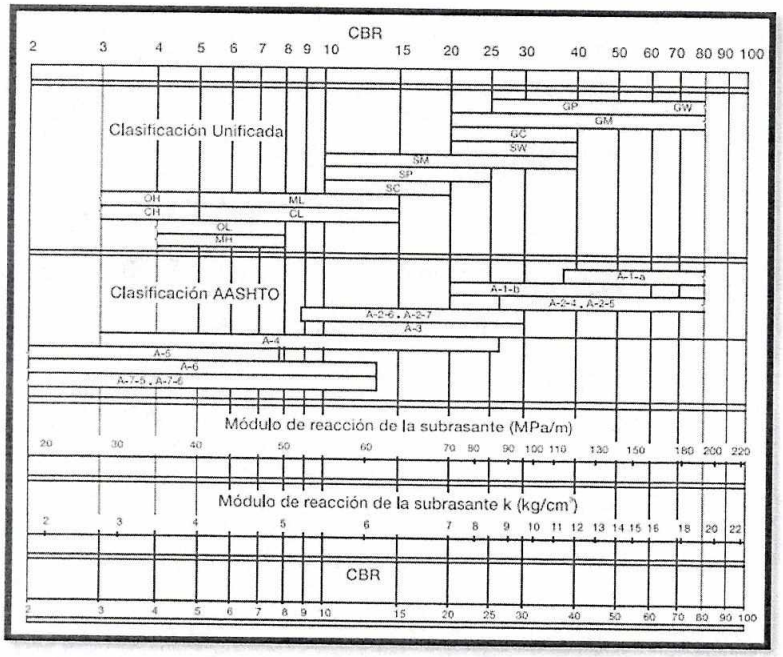
$$E_{cc_i} := \frac{E_{s_i}}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_i^{3.5}}\right) \cdot \left(\operatorname{atan}\left(n_i \cdot \frac{h_m}{2 \cdot a}\right)\right)}$$ Módulo subrasante mejorada

$$CBR_{SRM} := \operatorname{Floor}\left(\left(\frac{E_{cc}}{17.6 \cdot MPa}\right)^{\frac{1}{0.64}}, 1\right) = [10]$$ CBR subrasante mejorada

El valor de CBR de la subrasante mejorada adoptado para las vías estudiadas fue de 10.0%, a partir del cual, se obtiene el valor del módulo de reacción de la subrasante [k]. El valor de k obtenido para un CBR de 10% es 55 MPa/m. La obtención de este parámetro se realizó a través de la correlación que existe con los valores del ensayo de capacidad relativa de soporte (CBR).

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Figura 3. Relación entre clasificación de suelo y los valores de CBR y módulo de reacción de la subrasante



Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

4.2 ESTUDIO DE TRANSITO

La información del estudio de tránsito se encuentra en el informe anexo **ESTUDIO DE TRANSITO PARA EL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRAULICO DE LAS VIAS DE LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRIGIDA, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA -COMUNA 7.**

4.3 ESPESORES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.3.1 Conformación de la sub base granular

El objeto de la construcción de la sub base granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de capa de sub base granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de sub base granular INV 320-13 del INVIAS

Tabla 4. Franjas granulométricas del material sub- base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: Norma INVIAS INVE – 320-13, 2012

El proceso de compactación de la capa de sub base respectivamente, deberá ser realizado por sub capas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm), en el caso, que el espesor sea mayor a esta

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

dimensión. Se debe compactar cada sub capa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio.

El material utilizado como sub base granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de sub base granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones de Sub base (INV 311-13, INV 320 -13).

La estructura de pavimento a diseñar contempla el uso de subbase granular, a partir de este se determinar la respuesta del módulo de reacción del conjunto sub base – subrasante [kconjunto] el cual, es una variable de diseño de la estructura de pavimento. Este parámetro se obtuvo a partir de espesores de mejoramiento de 200 mm y de espesores de sub base de 150 mm, 200 mm, 225 mm, 250 mm y 300 mm. Lo anterior con el objeto de obtener diferentes alternativas de estructuras de pavimentos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5. Módulo de reacción conjunto SBG-SBR para 200 mm de mejoramiento

CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA K(MPa/m)	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)
5,61	200	10,00	55,00	150	63
				200	69
				225	72
				250	76
				300	84

4.3.2 Diseño Estructuras de pavimento rígido

Una vez determinadas las propiedades geomecánicas del suelo, así como la variable transito; se procedió a diseñar la estructura de pavimento correspondiente a la zona de estudio, teniendo en cuenta los diferentes parámetros que intervienen tales como el confinamiento, el modo de transferencia de carga, módulo de rotura a la flexión de la mezcla de concreto hidráulico a utilizar. Para el diseño de toda la estructura de pavimento se utilizó la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

A continuación, se muestran los valores y condiciones de las diferentes variables de diseño:

- Módulo de reacción de la subrasante: Variable según espesor de mejoramiento tabla 5 del numeral 4.3.1 Conformación sub base granular
- Resistencia a la flexión del concreto hidráulico: 3.80 MPa, 4.00 MPa, 4.20 MPa
- Confinamiento lateral de la estructura de pavimento: No bermas
- Mecanismo de transferencia de carga entre losas: Dovelas
- Periodo de diseño: 20 años

Caracterización de cargas vehiculares: Información registrada el informe anexo **ESTUDIO DE TRANSITO PARA EL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRAULICO DE LAS VIAS DE LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRIGIDA, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPATAMENTO DE CÓRDOBA - COMUNA 7.**

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada una de las corridas de acuerdo con las condiciones enunciadas anteriormente:

Tabla 6. Resultados de alternativas de diseño.

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	200	3,8	SI	NO	257,46	67,43	no cumple
							200	69	200	3,8	SI	NO	179,26	63,8	no cumple
							225	72	200	3,8	SI	NO	151,9	62,19	no cumple
							250	76	200	3,8	SI	NO	123,66	60,21	no cumple
							300	84	200	3,8	SI	NO	86	56,77	cumple

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	200	4,0	SI	NO	95,18	67,43	cumple
							200	69	200	4,0	SI	NO	68,19	63,8	cumple
							225	72	200	4,0	SI	NO	59,01	62,19	cumple
							250	76	200	4,0	SI	NO	49,2	60,21	cumple
							300	84	200	4,0	SI	NO	35,11	56,77	cumple

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	200	4,2	SI	NO	519,78	95,64	no cumple
							200	69	200	4,2	SI	NO	383,84	91,6	no cumple
							225	72	200	4,2	SI	NO	330,2	89,8	no cumple
							250	76	200	4,2	SI	NO	270,26	87,59	no cumple
							300	84	200	4,2	SI	NO	180,85	83,7	no cumple

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	210	4,2	SI	NO	125,72	63,06	no cumple
							200	69	210	4,2	SI	NO	80,6	60,16	cumple
							225	72	210	4,2	SI	NO	64,15	58,87	cumple
							250	76	210	4,2	SI	NO	46,92	57,29	cumple
							300	84	210	4,2	SI	NO	24,16	54,52	cumple

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	220	4,2	SI	NO	14,29	41,89	cumple
							200	69	220	4,2	SI	NO	6,06	39,78	cumple
							225	72	220	4,2	SI	NO	3,71	38,85	cumple
							250	76	220	4,2	SI	NO	0,00	37,70	cumple
							300	84	220	4,2	SI	NO	0	35,70	cumple

Anexo a este informe se evidencia el soporte de la evaluación de los consumos de fatiga y erosión de cada corrida.

4.3.3 Análisis de sensibilidad de espesores de la estructura de pavimento.

Con el objeto de reducir las alternativas de diseño obtenida en el numeral anterior, se seleccionará las alternativas que presenten consumos de fatiga menores al 60%. Lo anterior teniendo en cuenta que el consumo de erosión en todas las alternativas fue bajo.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 7. Alternativas de estructura de pavimento con consumo de fatiga menor a 60%

ANCHO VÍA (m)	ANCHO CARRIL (m)	LONGITUD LOSA (m)	CBR SUBRASANTE NATURAL (%)	ESPESOR DE MEJORAMIENTO (mm)	CBR DISEÑO (%)	MODULO SUBRASANTE MEJORADA	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (mm)	MODULO CONJUNTO SUB BASE / SUB RASANTE, K (MPa)	ESPESOR DE LOSA (mm)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PASADOR	BERMA	CONSUMO DE FATIGA (%)	CONSUMO DE EROSION (%)	EVALUACION
7	3,5	4	5,61	200	10,00	55,00	150	63	220	4,2	SI	NO	14,29	41,89	cumple
							200	69	220	4,2	SI	NO	6,06	39,78	cumple
							225	72	220	4,2	SI	NO	3,71	38,85	cumple
							250	76	220	4,2	SI	NO	0,00	37,70	cumple
							300	84	220	4,2	SI	NO	0	35,70	cumple

Dentro de este grupo de alternativas seleccionadas, se propone el uso de la alternativa sombreada en verde, la cual se resume a continuación:

Tabla 8. Diseño de estructura de pavimento seleccionada

MUNICIPIO	TRAMO VIAL	MÓDULO DE ROTURA A FLEXIÓN DE LA MEZCLA DE COMCRETO HIDRAULICO (MPa)	ESPESOR DE CONCRETO (mm)	ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (mm)	ESPESOR MEJORAMIENTO EN AFIRMADO (mm)
Montería	Barrio Sucre y Playa Brigida	4.2	220	200	200

4.4 GEOMETRIA DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO

Para la modulación de las losas se adopta los criterios expuestos en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013, en el artículo 500 en el numeral **5.2.2.3 Refuerzo de losas**, se describe las siguientes situaciones en las cuales se debe colocar acero de refuerzo.

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor a 1.40
- Losas de forma irregular (diferente a la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacente.

Si bien no está explicito un criterio de relación largo/ ancho se infiere un valor máximo de 1.40, debido a que para valores inferiores no se requiere de refuerzo en las losas.
Sin embargo, en el Manual de diseño de pavimento de concreto de bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, está especificado en el capítulo 6 Consideraciones sobre pavimentos especiales **"En general se recomienda que el espesor de cualquier losa para pavimentos de concreto no tenga menos de 13 cm de espesor y que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma".**

En el presente diseño se adopta el criterio del manual de diseño de pavimentos de concretos del INVIAS, el cual expresa una relación larga – ancho máximo de 1.30. Así mismo, las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 25 cm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 6cm de la parte superior e inferior de la losa.

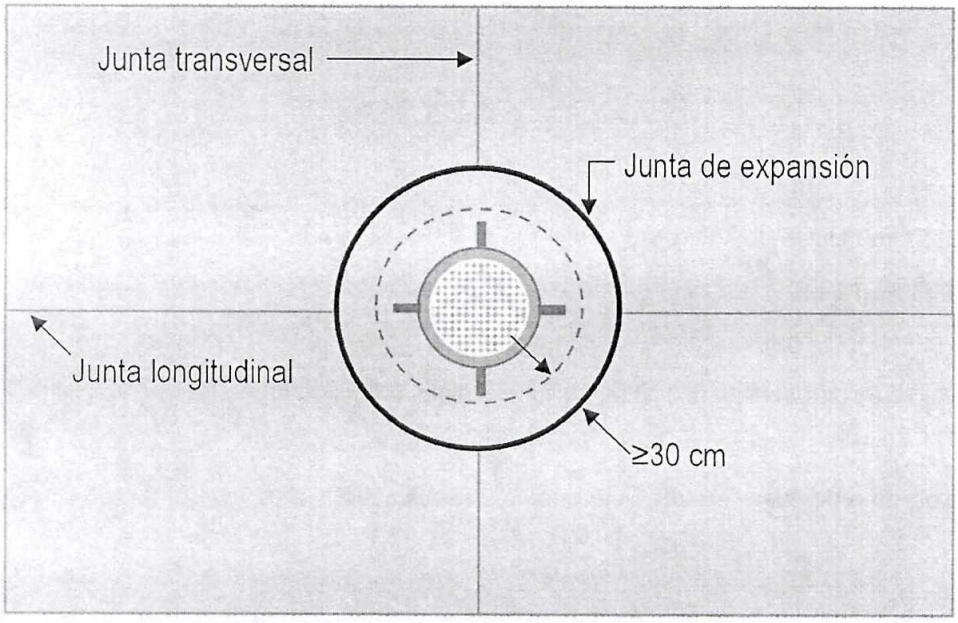
Tabla 9. Modulación de losas de concreto

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ANCHO DE VIA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	LONGITUD DE LOSA (m)
Cra 1A, Cll 41-44 B/ Sucre y Playa Brigida	629	5.00	2.50	3.0

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

En los pozos de inspección, se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin que la Junta transversal coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto. Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe:

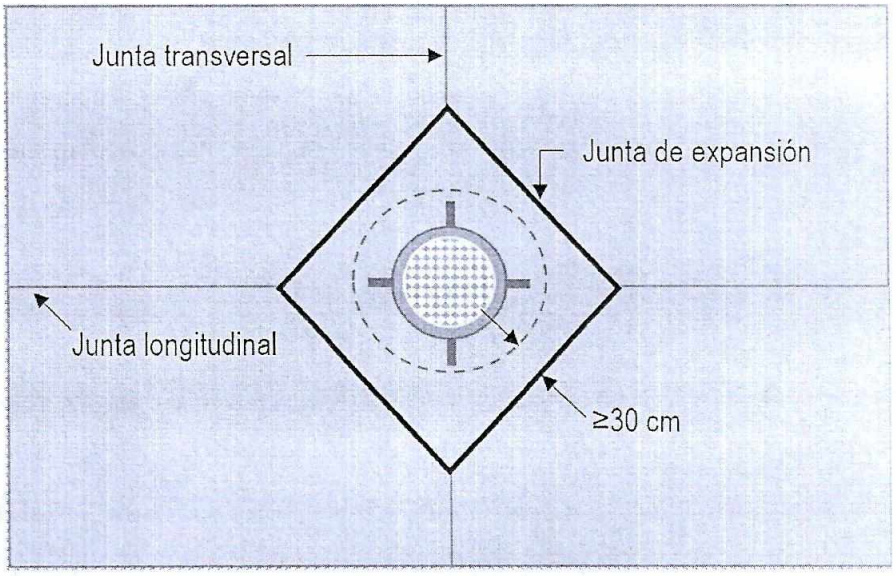
Figura 4. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados.



Fuente: Elaboración propia, Martínez, 2021

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

Figura 5. Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de Inspección centrados (Segunda alternativa).

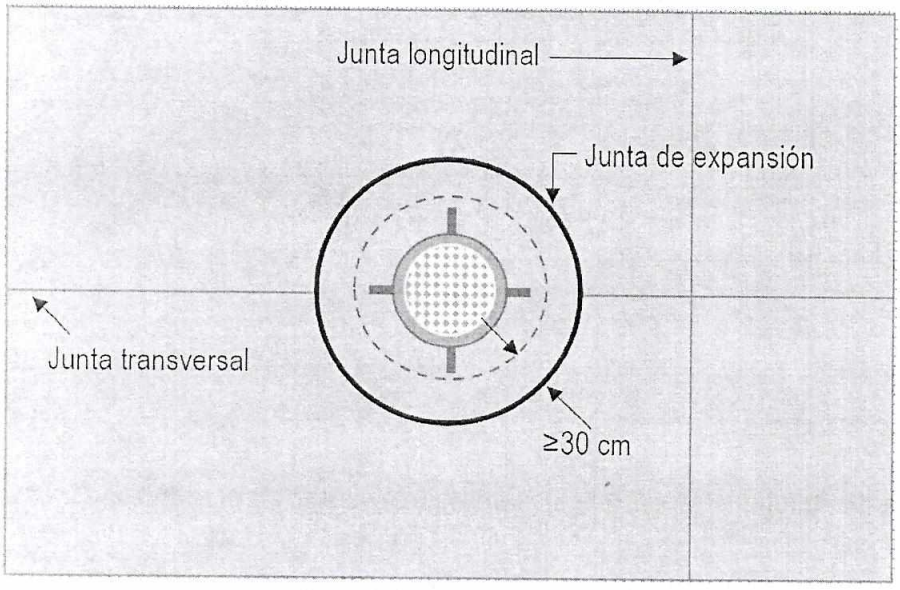


Fuente: Elaboración propia, Martínez, 2021

Cuando la junta de expansión alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo:

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

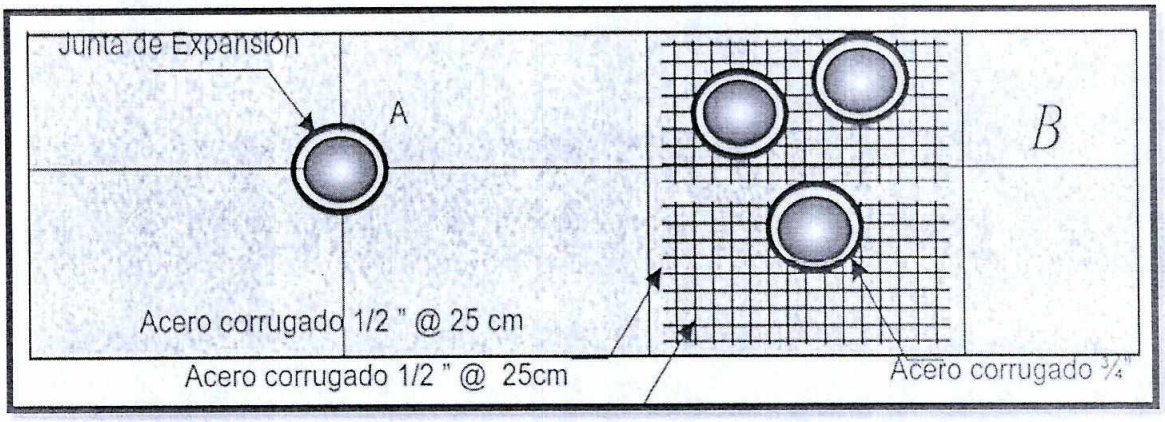
Figura 6. **Representación gráfica de la construcción de la junta de expansión en pozos de inspección no centrados.**



Fuente: Elaboración propia, Martínez, 2021

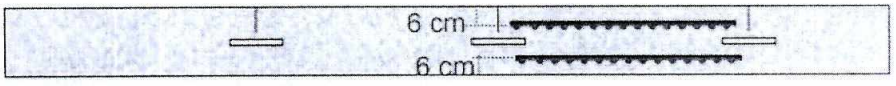
Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta Longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Así mismo cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodular con el objeto de que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla.

Figura 7. Esquema de refuerzos para losa con dos o más pozos de inspección



Fuente: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013

Figura 8. Acero de refuerzo en ambas caras de la losa



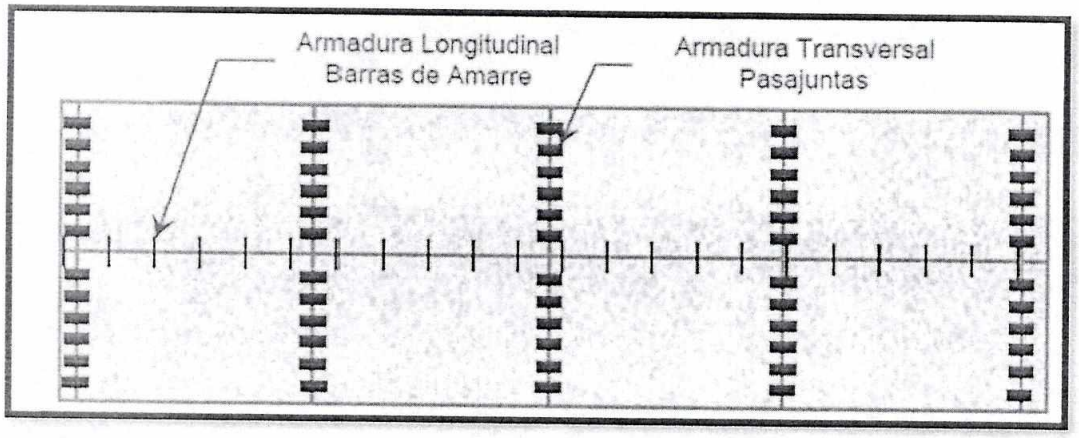
Fuente: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013

4.5 DISEÑO DE JUNTAS

Las juntas longitudinales las cuales se utilizan con el propósito de evitar el corrimiento y o desplazamiento de las losas, deben ser de acero corrugado, y deben quedar ahogadas en la mitad de la losa.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Figura 9. **Representación esquemática de barras longitudinales y transversales**



Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados.

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

Tabla 10. Acero de refuerzo de junta longitudinal

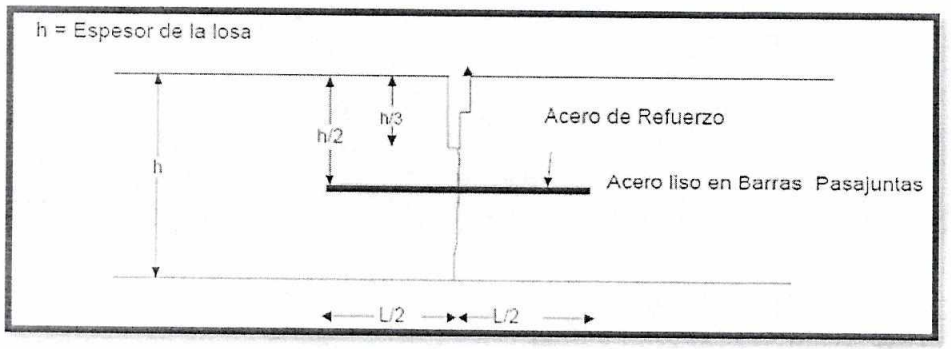
Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,65	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Las barras pasajuntas (Usadas en Juntas Transversales, de Construcción y en algunos casos de Expansión) se utilizan como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero liso, engrasado en ambos extremos y deberán quedar ahogadas en las losas con las dimensiones y en la posición indicada en la figura. Con un límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-13 y el Artículo INV 640-13.

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Figura 10. Esquema de colocación de acero de refuerzo en juntas transversales



Fuente: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2013

Tabla 11. Acero de refuerzo de junta transversal

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: Londoño & Álvarez, 2008

Para el diseño propuesto el acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

Tabla 12. Característica de acero de juntas transversales.

ESPESOR DE LOSA (mm)	DIAMETRO DE BARRAS PASAJUNTAS (in)	SEPARACION ENTRE CENTROS (mm)	LONGITUD (mm)
220	1 1/8"	300	400

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 13. Característica de acero de juntas longitudinales

ESPESOR DE LOSA (mm)	DIAMETRO DE BARRAS (In)	SEPARACION (mm)	LONGITUD (mm)
220	½"	1200	850

4.6 SELLO DE JUNTAS

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

El espacio de la junta a sellar ha de estar seco y completamente limpio, lo que se puede lograr con lavado, barrido y luego soplado con compresor.

La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

4.7 DRENAJES

En los sectores o tramos viales a pavimentar se recomienda para un sistema de drenaje adecuado pendientes transversales del 2.00% y longitudinales de al menos 0.50%, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía producto de la precipitación pluvial, sin embargo, el valor de las pendientes está sujeto al diseño geométrico de la vía.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los diferentes tramos viales para intervenir presentan una calzada variable de 5.00 m de ancho, con dos carriles con ancho de 2.50m cada uno.

Se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante con el objeto de mejorar la capacidad de soporte y mitigar la expansión o cambios volumétricos debido a la fluctuación de humedad que pueda presentar. Este mejoramiento se debe realizar a lo largo de los dos carriles de 3.00 - 3.50m de ancho en el tramo vial correspondiente.

El mejoramiento consiste en conformar una capa de espesor de 0,200m (200mm) en material de Afirmado. Para la conformación del mejoramiento se realizará un proceso de compactación, el cual deberá ser realizado por sub capas, de espesores no mayores a 0,150m (150 mm). Se debe compactar cada sub capa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de mejoramiento (afirmado) en el laboratorio. El material de afirmado debe tener un valor de CBR mínimo de 15% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -13 y INV 311 – 13 de la norma INVIAS.

Tabla 311 - 1. Requisitos de los agregados para afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 311 - 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

RELACIÓN	REQUISITO
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No.10}}$	0.20 a 0.45
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No. 40}}$	$\leq \frac{2}{3}$
{(% pasa tamiz de 1")-(% pasa tamiz No. 10)}×{% pasa tamiz No. 4}	16 a 34
(% de contracción lineal)×(% pasa tamiz No. 40)	100 a 240

Seguidamente se debe conformar la capa de sub base granular con un espesor de 0.200m (200mm). El proceso de compactación de esta capa deberá ser realizado por sub capas, de espesores no mayores a 0,15m (150 mm). Se debe compactar cada sub capa por lo menos hasta alcanzar el 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación modificado realizado al material de sub base en el laboratorio.

ROBINSON MARTÍNEZ

Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

El objeto de la construcción de la sub base granular es que las losas se apoyen sobre una capa uniforme y nivelada, con buen soporte y así prevenir el lavado de material, es decir, este no debe ser bombeable (de fácil lavado de finos), por lo cual debe tener como característica un límite liquido (LL) máximo de 25% y un índice de plasticidad (IP) inferior a 6%. Con el objeto de garantizar un adecuado acomodamiento de partículas durante el proceso de conformación y compactación de la capa de sub base granular, el tamaño máximo de partículas del material a utilizar debe ser menor a un tercio del espesor de la capa.

Adicional debe cumplir con alguna de las franjas granulométricas que se muestras a continuación las cuales fueron tomadas de la especificación de sub base granular INV 320-13 del INVIAS.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

El material utilizado como sub base granular debe cumplir con los criterios de dureza, durabilidad, limpieza y resistencia descritos en la tabla 2 de la especificación de sub base granular INV 320-13 del INVIAS. Anexo a este informe se encuentran las especificaciones referenciadas para las Afirmado y Sub base (INV 311-13, INV 320 -13).

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 320 - 2. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Las losas de la capa de rodadura, deben ser elaboradas con una mezcla de concreto hidráulico, que presente como característica principal en estado endurecido, un valor módulo de rotura a la flexión de 4.2MPa (40 Kg/cm^2) a 28 días.

La relación largo – ancho de las losas debe estar entre 1 a 1.30 veces, teniendo en cuenta el ancho de la calzada de dos carriles proyectados.

Las losas con formas irregulares y que no cumplan con las condiciones descritas anteriormente se deben reforzar doblemente con barra de ½" pulgada de diámetro, cada 250mm en ambos sentidos. Este refuerzo debe ser colocado a 0,060m (60mm) de la parte superior e inferior de la losa. Cuando se tenga uno o varios pozos de inspección, se debe re modular con el objeto que estos coincidan

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla con el acero anteriormente descrito.

Tabla 14.Modulación de las losas según el ancho de carril

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	ANCHO DE VIA (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	LONGITUD DE LOSA (m)
Cra 1a, Cll 41-44 B/ Sucre y Playa Brigida	629	5.00	2.50	3.00

Los espesores definitivos para el tramo vial en estudio se muestran a continuación:

Tabla 15. Espesores de estructura de pavimento a construir

MUNICIPIO	TRAMO VIAL	MÓDULO DE ROTURA A FLEXIÓN DE LA MEZCLA DE COMCRETO HIDRAULICO (MPa)	ESPESOR DE CONCRETO (mm)	ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR (mm)	ESPESOR MEJORAMIENTO EN AFIRMADO (mm)
Montería	Barrio Sucre y Playa Brigida	4.2	220	200	200

El acero de las juntas transversales debe ser liso y con un límite de fluencia de 420 MPa con las siguientes características:

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

Tabla 16. Característica de acero de juntas transversales.

ESPESOR DE LOSA (mm)	DIAMETRO DE BARRAS PASAJUNTAS (in)	SEPARACION ENTRE CENTROS (mm)	LONGITUD (mm)
220	1 1/8"	300	400

Por otra parte, el acero de las juntas longitudinales debe ser corrugado y con un límite de fluencia de 280 MPa con las siguientes características:

Tabla 17. Característica de acero de juntas longitudinales

ESPESOR DE LOSA (mm)	DIAMETRO DE BARRAS (In)	SEPARACION (mm)	LONGITUD (mm)
220	½"	1200	850

Se recomiendan pendientes transversales del 2.0% y longitudinales del 0.50%, sin embargo, estos valores están sujetos al diseño geométrico de la vía.

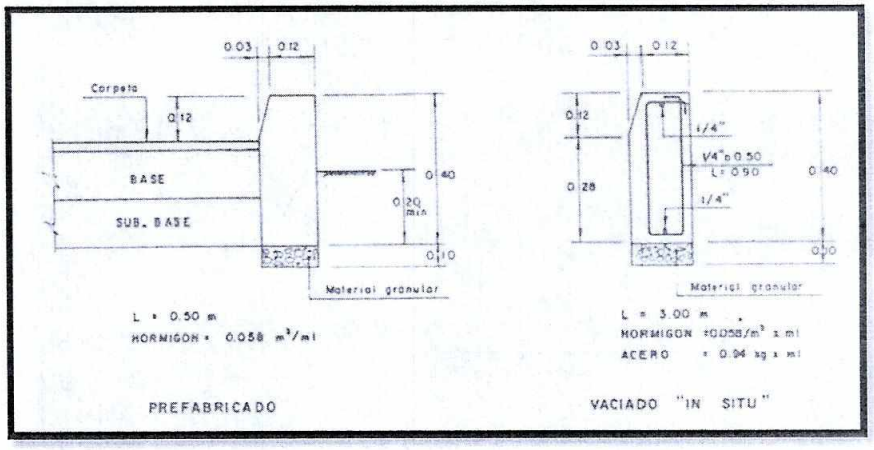
La junta transversal deber inducidas con platina y selladas con material bituminoso o de silicona. Deben cumplir con las siguientes características geométricas:

- Para juntas de 6mm de ancho, La profundidad del sello debe ser mínimo 6 mm y máximo 12 mm.
- La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo de la superficie de la losa.

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

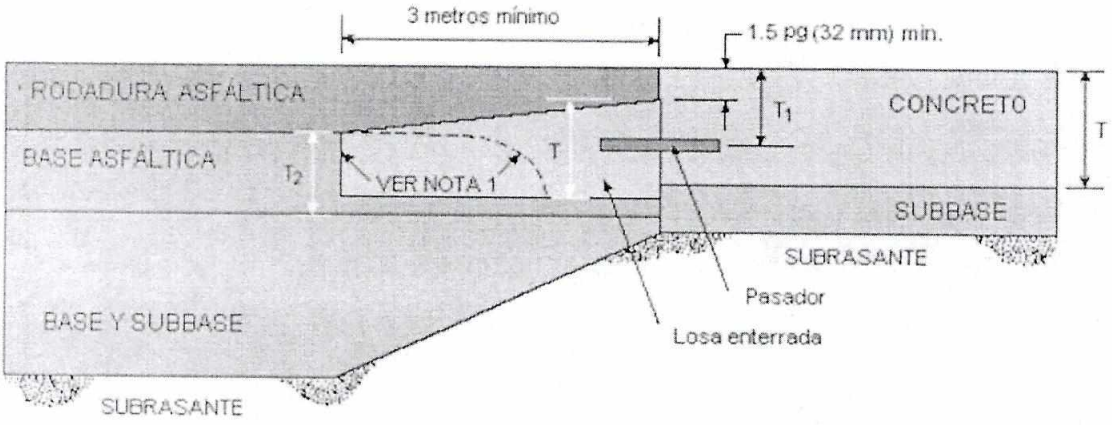
Si requieren bordillos estos pueden ser prefabricados (sin refuerzo) o fundidos in situ (con refuerzo), con un ancho de 0,15m (150mm) y altura 0,50m (500mm). En el caso que sea fundido "in situ" el bordillo, este deberá llevar dilataciones cada 0.80m (800mm) de tal modo que, de una apariencia de bordillo prefabricado. Los bordillos deben tener una pendiente longitudinal similar a la del eje de la vía (0,50%). La mezcla de concreto hidráulico debe tener como requerimiento de resistencia a la compresión 17.50 MPa.

Figura 11. Detalle constructivo de bordillo prefabricado y vaciado "in situ"



En caso de que llegase a presentar una transición de pavimento flexible a pavimento rígido se recomienda desarrollar el proceso constructivo descrito en la siguiente imagen:

ROBINSON MARTÍNEZ
Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2



Fuente: (Sánchez, 2016, diapositiva 91)

Donde:

T: espesor de diseño del pavimento rígido

T_1: (T + 1.5") /2 o T_1: (T + 75mm) /2

T_2: T-4.5" pero no menor de 6" o T_2: T-115 mm, pero no menor de 150 mm

Nota 1. "Extender y compactar la capa de base asfáltica al menos 1 metro, como lo muestra la línea punteada

Cortar la base asfáltica compactada hasta la línea sólida vertical, para formar la losa enterrada

Usar esta cara vertical como formaleta para construir la losa enterrada"

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

6.0 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en las condiciones de campo observadas, los resultados de laboratorio y el análisis de ingeniería anteriormente descrito. Si durante la ejecución llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, esta situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.



ROBINSON MARTÍNEZ SANDOVAL
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
MAGÍSTER EN INGENIERÍA

ROBINSON MARTÍNEZ

Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2013). *Especificaciones, diseño y construcción Pavimentos de Concreto Hidraulico.* Bogota: Asocreto.

Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones* (Cuarta ed.). México: International Thomson Editores.

DAS, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

Earth, G. (2016).

INVIAS. (2007). *NORMA INV E 132-07.* Bogotá, Colombia .

INVIAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* (ICPC, Ed.) INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.

Londoño, C., & Álvarez, J. (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.* Medellin: ICPC.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO H*, H-49.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *TITULO A.*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR10). *PREFACIO*, vi-v.

ROBINSON MARTÍNEZ

Ingeniero Civil
Esp. Geotecnia
Nit. 11002312-2

ANEXOS

Carrera 14C #39-38 B/La Floresta, Montería- Córdoba
Tel (4)7891152-3137836397
laboratoriorams@gmail.com

MEMORIA DE CÁLCULO CBR SUBRASANTE MEJORADA MEDIANTE FORMULACIÓN DE IVANOV - DISEÑO DE PAVIMENTO BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRIGIDA

$$i := 0$$

$CBR_{SR} := [5.61]$ Valor de CBR promedio de subrasante en estado natural

$CBR_{mejoramiento} := 15$ Valor de CBR mínimo para afirmado según INV-311-13

$$M_{rSR} := 17.6\ MPa \cdot CBR_{SR}^{0.64}$$

$$M_{rMejoramiento} := 17.6\ MPa \cdot CBR_{mejoramiento}^{0.64}$$

$$E_m := M_{rMejoramiento}$$

$$E_s := M_{rSR}$$

$$n := \left(\frac{E_m}{E_s}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

$h_m := 20.00\ cm$ Espesor de mejoramiento en afirmado

$a := 10.80\ cm$

$$E_{cc_i} := \frac{E_{s_i}}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_i^{3.5}}\right) \cdot \left(\operatorname{atan}\left(n_i \cdot \frac{h_m}{2 \cdot a}\right)\right)}$$ Módulo subrasante mejorada

$$CBR_{SRM} := \operatorname{Floor}\left(\left(\frac{E_{cc}}{17.6 \cdot MPa}\right)^{\frac{1}{0.64}}, 1\right) = [10]$$ CBR subrasante mejorada

DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo	: 69 Mpa/m
Espesor Losa	: 220 mm
Modulo de Rotura	: 4.2 Mpa
Bermas	: NO
Pasadores	: SI
Factor de Seguridad Cargas	: 1
Factor de Mayoración Repeticiones	: 1.1

Resultados :

Carga Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
EJES SIMPLES						
Esfuerzo Equivalente: 0.0	Factor Esfuerzo: 0.0000			Factor Erosion: 0.0000		
2.50	24.50	1,359,346	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	873,865	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	3,862,267	Inf	0.00	Inf	0.00
7.00	68.60	80,914	Inf	0.00	Inf	0.00
11.00	107.80	1,111,211	18,328,086	6.06	9,036,873	12.30
EJES TANDEM						
Esfuerzo Equivalente: 0.0	Factor Esfuerzo: 0.0000			Factor Erosion: 0.0000		
20.00	196.00	124,067	Inf	0.00	6,249,638	1.99
21.00	205.80	474,692	Inf	0.00	4,512,000	10.52
22.00	215.60	474,692	Inf	0.00	3,342,581	14.20
EJES TRIDEM						
Esfuerzo Equivalente: 0.0	Factor Esfuerzo: 0.0000			Factor Erosion: 0.0000		
25.00	245.00	80,914	Inf	0.00	10,293,478	0.79
			Total :	6.06		39.79