Gobernación de RISARALDA Sentimiento de Todos

"MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL CIRCUITO ECO TURISTICO RESERVA BARBAS BREMEN DE LA VÍA COD. 003 VÍA ARABIA - YARUMAL - CRUCE ARMENIA."

PROPUESTA CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO

PEREIRA

SEPTIEMBRE DE 2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVOS 5
2.1. Objetivo general 5
2.2. Objetivos específicos 5
3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6
Figura 1 Localización del departamento de Risaralda 6
3.1. Localización particular 7
4. ALCANCES 8
5. METODOLOGÍA 8
5.1. Recopilación y análisis de la información existente 8
5.2. Caracterización geotécnica 9
5.3. Estudio de las fuentes de materiales 9
6. ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTO 9
6.1. Transito 9
6.2. Temperatura 10
6.3. Ensayos de laboratorio realizados 11
6.3.1. Humedad natural 11
6.3.2. Contenido de humedad natural 11
6.3.3. Ensayo de CBR 11
6.3.4. Límites de consistencia 12
6.3.5. Análisis granulométrico 12
6.4. Características geotécnicas 12
6.4.1. Determinación del CBR de la subrasante 13
6.5. Determinación de la estructura de placa-huella según CBR lineamientos y recomendaciones de la Guía 14
6.5.1. Periodo de diseño 14
6.5.2. Vehículo de diseño 14
6.5.3. Caracterización y recomendaciones de la estructura placa-huella 15

6.6. Detalles de diseño de la placa-huella y construcción del pavimento placa-huella 17

6.6.1. Textura superficial de la placa-huella 18

6.6.2. Viga riostra 20

6.6.3. Características de los materiales 21

6.6.4. Diseño estructural de la berma-cuenta y el bordillo 21

6.6.5. Mantenimiento del pavimento en placa-huella 23

7. CONCLUSIONES 26

1. INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Infraestructura de la Gobernación de Risaralda y el instituto de vías INVIAS, mediante la celebración del convenio interadministrativo No 1120 de 2021 para **AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS, FINANCIEROS Y JURÍDICOS PARA DESPLEGAR ACTIVIDADES CONJUNTAS DE COOPERACIÓN Y COORDINACIÓN, PARA EL DESARROLLO INTEGRAL Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE CORREDORES ESTRATEGICOS DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA,** busca realizar la AMPLIACIÓN, REHABILITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL CIRCUITO ECO TURISTICO RESERVA BARBAS BREMEN K0+00 AL K12+600

“El transporte automotor si bien ha venido a facilitar la vida del hombre y a influir notablemente en sus actividades sociales y económicas, también ha llegado a constituir una importante causa de accidentes, siendo motivo de miles de muertes al año. Esto ha despertado gran inquietud entre todos los especialistas y ha motivado gran número de estudios, para determinar los factores de seguridad que intervienen en la operación de las carreteras” Manual de Proyecto geométrico de carreteras 1977.

El presente informe técnico de propuesta constructiva a la implantación de placa-huellas sugiere una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular.

La placa-huella es un sistema de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito, en el cual se pavimenta en concreto con refuerzo continuo únicamente la franja por la que circulan las ruedas de los vehículos. Las placas son conectadas entre sí con una riostra en concreto reforzado que une las dos placas y las bermas cunetas, con el fin que estas funcionen monolíticamente. Los espacios entre las placas-huella, las riostra y las berma-cunetas se rellenan con una capa de concreto ciclópeo del mismo espesor de la placa-huella. Los pavimentos en placa
-huella se consideran una alternativa económica para redes terciarias y secundarias con bajo volumen de tránsito.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar la propuesta constructiva más ajustada al entorno de la vía y sus necesidades, basados en los manuales de diseños de placa-huella del INVIAS para el tramo indicado en el convenio interadministrativo No 1120 de 2021, ubicado en el corredor ecoturístico BARBAS BREMEN del departamento de Risaralda

2.2. Objetivos específicos

- Analizar los datos suministrados de la exploración geotécnica por parte de la firma de ingeniería CONSULTORES Y ASESORES GSC, correspondiente al tramo en mención, con el fin de determinar el perfil estratigráfico del subsuelo.

- Evaluar el perfil de resistencia de los suelos de soporte de la placa-huella y establecer el comportamiento mecánico de la subrasante a partir de pruebas de Valor Relativo de Soporte (CBR).

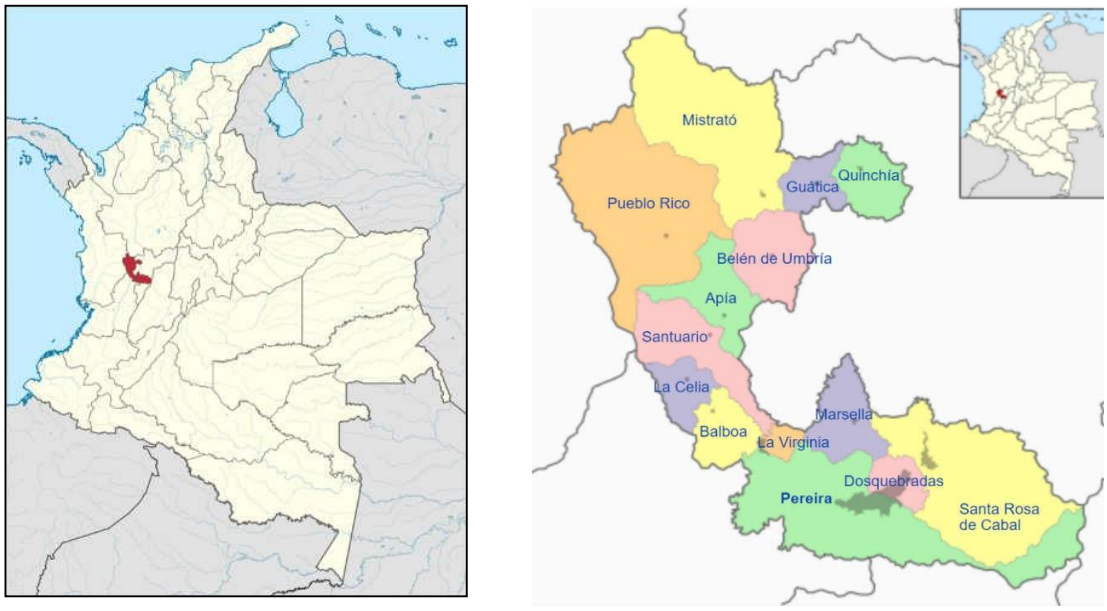
- Formular recomendaciones constructivas tendientes a lograr una adecuada implementación de los diseños a las condiciones de trabajo y a la utilización apropiada de las tecnologías disponibles.

3. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Risaralda es uno de los treinta y dos departamentos que, junto con Bogotá Distrito Capital, forman la República de Colombia. Su capital y ciudad más poblada es Pereira. Está ubicado en el centro-oeste del país, en la región andina, limitando al norte con Antioquia, al este con Caldas y Tolima, al sur con Quindío y Valle del Cauca, y al oeste con Chocó. Con 4140 km² es el cuarto departamento menos extenso (estando por delante los departamentos de Atlántico, Quindío y San Andrés y Providencia, el menos extenso) y con 230 hab/km², el cuarto más densamente poblado, por detrás de San Andrés y Providencia, Atlántico y Quindío. Pertenece a la región del Eje cafetero y a la región paisa.

El departamento de Risaralda está conformado por 14 municipios de los cuales la ciudad de Pereira es la capital. Los municipios se clasifican en subregiones: subregión 1 Pereira, Dosquebradas, Marsella y Santa Rosa de Cabal, subregión 2, Apía, Balboa, Belén de Umbría, Guática, La Celia, La Virginia, Quinchía y Santuario, y subregión 3, Mistrató y Pueblo Rico.

Figura 1 Localización del departamento de Risaralda



Fuente: Wikipedia

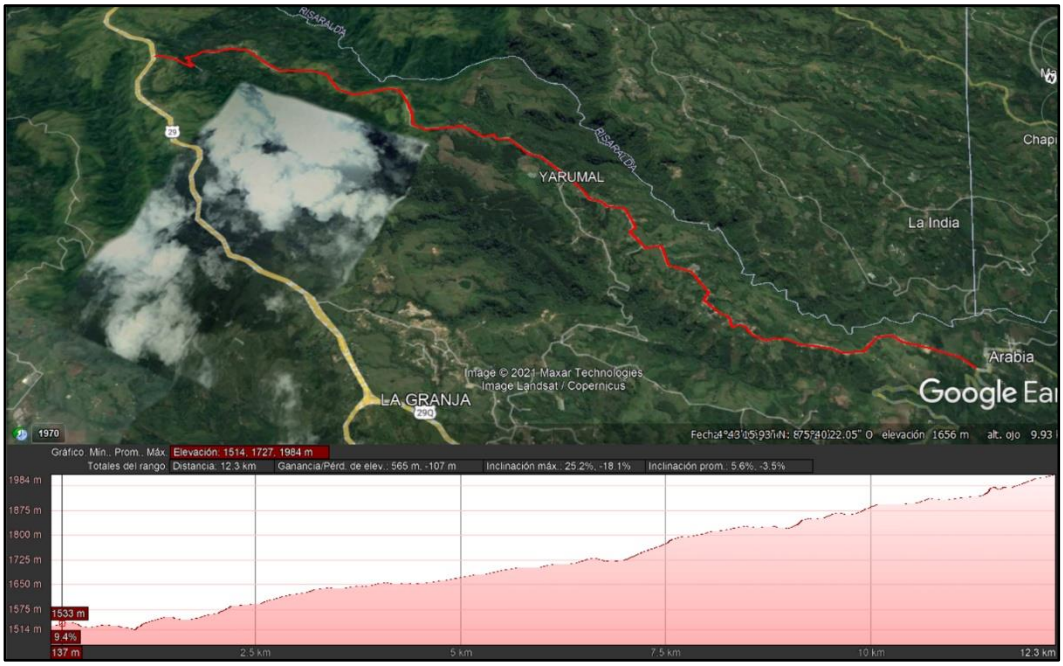
3.1. Localización particular

El tramo en estudio se encuentra ubicado sobre la vía Arabia - Yarumal - Cruce Armenia con código 003 departamento de Risaralda, el cual se describe en la tabla 1 donde se incorpora la longitud del tramo y coordenadas de inicio y fin.

Tabla 1 Descripción de tramos

No Tramo	Nombre	Municipio	Coordenadas Magna-Sirgas - Oeste		Longitud (m)
			Inicio	Final	
1	Vía Arabia - Yarumal - Cruce Armenia Municipio de Pereira	Pereira	1013662,922 1161291,697	1013979,083 1151260,469	12600

Figura 2 Localización Particular del Tramo



4. ALCANCES

El alcance del volumen aplica la Guía de diseño de pavimentos con placa-huella del INVIAS. Para tal fin, se presenta la caracterización geotécnica, basada en la exploración en campo previamente realizada por *CONSULTORES Y ASESORES GSC*, la cual busca definir los parámetros de diseño como lo son: espesores y calidad de los materiales que componen el perfil estratigráfico, evaluación del comportamiento físico de la subrasante o terreno de soporte y la determinación de la resistencia de diseño, valorada mediante ensayos de CBR en estado inalterado o sumergido. Junto a esta evaluación geotécnica, las características de los materiales a emplear en la construcción de las capas de pavimento y la aplicación de las metodologías de diseño se modelan las estructuras de pavimento tipo placa-huella.

Como complemento a las estrategias de intervención, se presentan las especificaciones técnicas generales y particulares de construcción, según aplique y las recomendaciones necesarias en cuanto al proceso constructivo se refiere. Este tipo de recomendaciones buscan garantizar el adecuado comportamiento de la estructura del pavimento durante el período de servicio proyectado.

5. METODOLOGÍA

Para realizar el diseño de la estructura del pavimento (placa-huella), objeto del presente estudio, se llevaron a cabo una serie de actividades de recolección de la información existente y ejecución de ensayos de laboratorio que permiten conocer las características de los suelos presentes en los tramos escogidos por la entidad contratante y de los materiales a emplear en el proyecto. De esta forma y definiendo la metodología y parámetros de diseño, para obtener el diseño y su conveniencia para el proyecto.

A continuación, se describen en forma general, las etapas realizadas en el presente estudio, para lograr los objetivos propuestos.

5.1. Recopilación y análisis de la información existente

Como primera etapa en el desarrollo del presente estudio, se efectúa la recolección y el análisis de la información secundaria existente. Para ello se indagó en las principales entidades (Alcaldías municipales, Gobernación de

Risaralda, Instituto Nacional de Vías INVIAS, entre otras) relacionadas con el proyecto y se identificaron los estudios previos existentes en los tramos de estudio.

5.2. Caracterización geotécnica

La evaluación geotécnica se encuentra sustentada en el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos a partir de la ejecución de la exploración geotécnica para pavimentos, en donde se describe el perfil estratigráfico obtenido, las características físicas de cada uno de los estratos y la valoración de la capacidad de soporte de la subrasante, en términos de CBR. En esta etapa se identifican las falencias de los estratos portantes y la necesidad o no de proponer mejoramientos al terreno de soporte de la futura estructura.

5.3. Estudio de las fuentes de materiales

El estudio de fuentes de materiales busca identificar los sitios en donde es posible la explotación de materiales para la construcción de la estructura de pavimento propuesta en el diseño o en donde dada la explotación existente es posible su consecución.

6. ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTO

6.1. Transito

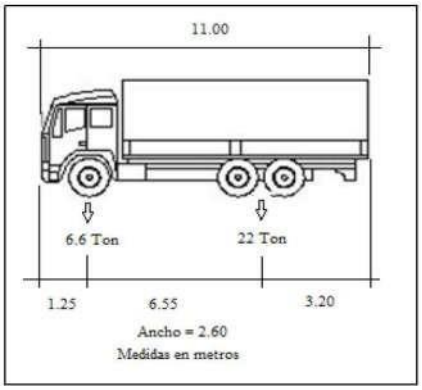
Los pavimentos en placa-huella son utilizados para vías de bajos volúmenes de tránsito en vías de la red terciaria y secundaria. Los vehículos de mayor peso que se espera circulen por este tipo de vías corresponden al camión C3, el cual tiene un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás.

Para el diseño de la placa-huella no es pertinente el estudio del espectro de cargas porque la placa-huella no falla estructuralmente por acumulación de fatiga como sucede con los pavimentos rígidos y flexibles.

Para este caso se selecciona el Vehículo de Diseño adoptan el camión C-2 con un eje trasero sencillo de once (11) toneladas. Es importante tener en cuenta la adecuación geométrica requerida por la vía para que pueda circular un camión C- 2 consiste básicamente en ajustar el sobreancho alcanzando una sección amplia en las curvas de radio de curvatura pequeño como lo presentan las vías veredales. Ver Numeral 1.7.3. **Curvas tipo en función de la deflexión y el radio de la curva** de la Guía de Diseño de pavimentos en placa-huella que las muestra en la Tabla 1.1 y diseños geométricos correspondientes dependiendo del grado de deflexión.

Sin embargo, el eje de referencia para el diseño estructural del pavimento constituido por una sucesión de placas y riostras reforzadas utilizando la metodología de diseño por carga última debe ser el eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3.

Figura 3 Vehículo de diseño



Fuente: Guía de diseño de pavimentos con placa huella

Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, por lo cual se usó el peso máximo permitido para efecto de los análisis.

6.2. Temperatura

Según la Guía por las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención especial. La precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma-cunetas, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes con los mantenimientos necesarios para su conservación.

6.3. Ensayos de laboratorio realizados

A continuación, se describen los ensayos realizados a las muestras recolectadas en el proceso de exploración geotécnica, resaltando que a la mayoría de los estratos identificados fueron realizados ensayos de caracterización física (contenido de humedad, límites de consistencia, análisis granulométrico por tamizado) y para los estratos identificados como la subrasante fueron efectuadas pruebas de CBR en estado inalterado y/o sumergido.

6.3.1. Humedad natural

La humedad natural de una muestra se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material; este tipo de ensayo es realizado sobre muestras alteradas y conservadas. Este tipo de ensayo se describe en la Norma INV E-122-07 - determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo–agregado.

6.3.2. Contenido de humedad natural

La humedad natural de una muestra se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material; este tipo de ensayo es realizado sobre muestras.

6.3.3. Ensayo de CBR

Este tipo de ensayo es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de humedad controladas, es así como el CBR se expresa en porcentaje, como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en un patrón. Este tipo de ensayo es descrito en la norma de ensayo INV E-148/07 (relación de soporte del suelo en el laboratorio). Este tipo de ensayo puede realizarse a muestras en condiciones inalteradas, sumergidas o muestras remoldeadas, según características de la muestra en estudio y las necesidades del proyecto.

6.3.4. Límites de consistencia

Los límites de consistencia corresponden a una propiedad intrínseca de los suelos finos que presentan algún grado de plasticidad. Dentro de los límites de consistencia se encuentra el límite plástico (definido como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir el suelo puede ser deformado rápidamente sin recuperación elástica) y el límite líquido (definido como el mayor contenido de humedad que puede tener el suelo sin pasar de estado plástico a líquido).

Estos parámetros permiten establecer la baja o alta compresibilidad de un estrato, condición que genera un condicionante en la definición de la plataforma de trabajo para la fundación de la estructura de pavimento. Este tipo de ensayo se describe en la norma INV E-125/07 (Determinación del límite líquido de los suelos) e INV E- 126 (Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos).

6.3.5. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico permite determinar de manera cuantitativa la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelo (porcentaje de gravas, arenas y finos). Este tipo de ensayo y considerando la aplicabilidad en pavimentos es efectuado mediante el análisis por tamizado, el cual se describe en la Norma INV E-123 (Análisis granulométrico de suelos por tamizado).

6.4. Características geotécnicas

En los anexos, se presenta los registros de los perfiles estratigráficos obtenidos en la campaña exploratoria. En algunos tramos se han encontrado estratos compuestos por llenos o material granular tipo afirmado, al que le subyace el estrato portante caracterizado como un suelo limo arcilloso o suelo limoso.

6.4.1. Determinación del CBR de la subrasante

La exploración geotécnica realizada por el Consultor mediante la ejecución de 45 apiques con profundidades que oscilan entre 0,10 m a 1,50 m, en algunos estratos, fueron efectuados ensayos de granulometría, humedad natural y límites de Atterberg. De igual forma se realizaron ensayos de campo, para determinar el CBR in situ.

En los anexos se muestra los registros de la exploración geotécnica y los ensayos de laboratorio realizado a las muestras tomadas en campo.

En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad de soporte (CBR) sin inmersión y con inmersión.

Tabla 2 Resumen de parámetros geomecánicas

ABSCISA	Hum.	Límites ATTERBERG			P/200	Clasificación		Ind.	C.B.R
	Natural (%)	LL. (%)	LP. (%)	IP. (%)		USC	AASHO	Grupo	(0.1"/0.2")
K00+000	48.47	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/4.86
K00+250	48.56	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	4.20/4.03
K00+750	50.12	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	4.82/4.44
K01+000	51.47	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	4.20/4.03
K01+250	49.68	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/4.86
K01+500	50.02	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	4.20/4.03
K01+750	53.26	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/5.06
K02+000	54.22	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.74/5.47
K02+250	52.48	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/4.86
K02+500	47.95	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.12/4.65
K02+750	54.48	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/5.06
K03+000	53.28	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.51/4.24
K03+250	48.65	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	3.89/3.42
K03+500	51.06	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K03+750	51.44	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/5.06
K04+000	53.65	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K04+250	52.48	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/4.86
K04+500	52.66	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K04+750	47	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/5.06
K05+000	46.58	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.74/5.43

ABSCISA	Hum.	Límites ATTERBERG			P/200	Clasificación		Ind.	C.B.R
	Natural (%)	LL. (%)	LP. (%)	IP. (%)		USC	AASHO	Grupo	(0.1"/0.2")
K05+250	50.14	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/4.86
K05+500	53.24	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K05+750	52.44	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.43/5.06
K06+000	54.75	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.74/5.47
K06+250	53.26	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.43/4.86
K06+500	54.89	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	4.20/4.03
K06+750	50.78	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/5.06
K07+000	53.21	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.74/5.47
K07+250	47.98	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.74/5.47
K07+500	52.04	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K07+750	51.46	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/5.06
K08+000	52.88	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.74/5.47
K08+250	54.27	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/4.86
K08+500	51.96	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K08+750	47.98	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/4.86
K09+000	48.99	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.74/5.47
K11+250	53.33	53.37	29.86	23.51	54.7	CL	A-7-5	11	5.43/4.86
K11+500	52.87	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	4.20/4.03
K11+750	50.98	49.6	30.42	19.18	57.27	OL	A-7-6	9	5.43/5.06
K12+000	52.87	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.74/5.47
K12+250	51.87	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/4.86
K12+500	52.68	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	4.20/4.03
K12+750	51.47	46.57	31.88	14.69	53.33	ML	A-5	6	5.43/5.06

6.5. Determinación de la estructura de placa-huella según CBR lineamientos y recomendaciones de la Guía

6.5.1. Periodo de diseño

El diseño del pavimento placa huella se estima para un período no menor a veinte (20) años siendo, como ya se dijo, la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales serían el único mantenimiento necesario.

6.5.2. Vehículo de diseño

Los pavimentos en placa huella son utilizados para vías de bajos volúmenes de tránsito en vías de la red terciaria y secundaria. Los vehículos de mayor peso que se espera circulen por este tipo de vías corresponden al camión C3, el cual tiene un

eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás. Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, por lo cual se usa el peso máximo permitido para efecto de los análisis en el presente estudio. La distribución de cargas entre los lados del eje se consideró del 50%. En pavimentos de placa-huella cada una de las huellas soporta un lado del eje (semieje).

6.5.3. Caracterización y recomendaciones de la estructura placa-huella

Como resultado de la modelación mediante elementos finitos del paso del eje tándem del camión C-3 (22 toneladas distribuidas en dos ejes simples de 11 toneladas cada uno separados 1,20 m centro a centro) se encontró que el espesor de la placa-huella no es sensible a la rigidez del apoyo, en este caso del conjunto subrasante-subbase granular según el Anexo 03 *MEMORIAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS CON PLACA-HUELLA EN CONCRETO REFORZADO de la GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA DEL INVIAS.*

El espesor requerido de concreto para soportar los esfuerzos producidos por el eje de diseño es menor de quince (15) centímetros, pero por facilidad constructiva y adecuado recubrimiento de la armadura de acero se adoptó un espesor único de quince (15) centímetros.

La subbase deberá tener, COMO MÍNIMO, quince (15) centímetros de espesor en todo el ancho de la sección transversal. Si la conformación de la superficie existente no permitió configurar el bombeo en las tangentes (-2%) y el peralte y su transición en las curvas (2%) esta tarea se deberá efectuar al momento de construir la subbase. Lo anterior implica que la subbase tendría en la zona central de la calzada y en la parte externa de las curvas horizontales un espesor superior al mínimo de quince centímetros (0,15 m).

El espesor de 15 cm adoptado es suficiente para subbases granulares colocadas sobre suelos con CBR mayor o igual a tres por ciento (3%).

Para suelos con valores de CBR menores a 3% se recomienda hacer sustituciones

entre 30 cm a 100 cm a juicio del Interventor dependiendo de las condiciones de la subrasante y por la presencia de raíces y tocones para el caso de ampliaciones de la vía y/o sobreanchos reemplazándolo con suelos seleccionados o un material de afirmado de cantera libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales cumpliendo con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras donde se indican los requisitos establecidos en la Tabla 220-1 del numeral 220.2. Materiales y las demás recomendaciones del **Numeral 220.4.2. Preparación del terreno**.

En el caso que la subrasante de la Unidad de Diseño es expansiva se tendría que optar por una de dos soluciones:

- Excavar, obviamente retirando el afirmado existente, al menos un metro (1,0 m) por debajo de la subrasante del proyecto y reemplazar este espesor con un material seleccionado que cumpla las exigencias establecidas en el Artículo “Terraplenes” de las Especiaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes en el Instituto Nacional de Vías.

- Elevar la rasante del proyecto, si geométricamente es factible, hasta una cota en la que la subrasante de la carretera una vez construida, quede alejada aproximadamente un metro (1 m) del estrato expansivo. En este caso el terraplén se construiría sobre el afirmado existente. Igualmente, el material del terraplén deberá cumplir con lo especificado en el Artículo “Terraplenes”.

En la siguiente tabla se presentan los espesores determinados a partir de las recomendaciones de la GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA DEL INVÍAS. y LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.

Sin embargo, en el momento de la ejecución de los trabajos de excavación se considera necesario precisar con el diseñador del pavimento y la Interventoría la profundidad de la sustitución y el tipo de material dependiendo de las condiciones de humedad y profundidad del material no deseado si este fuese el caso

6.6. Detalles de diseño de la placa-huella y construcción del pavimento placa-huella

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

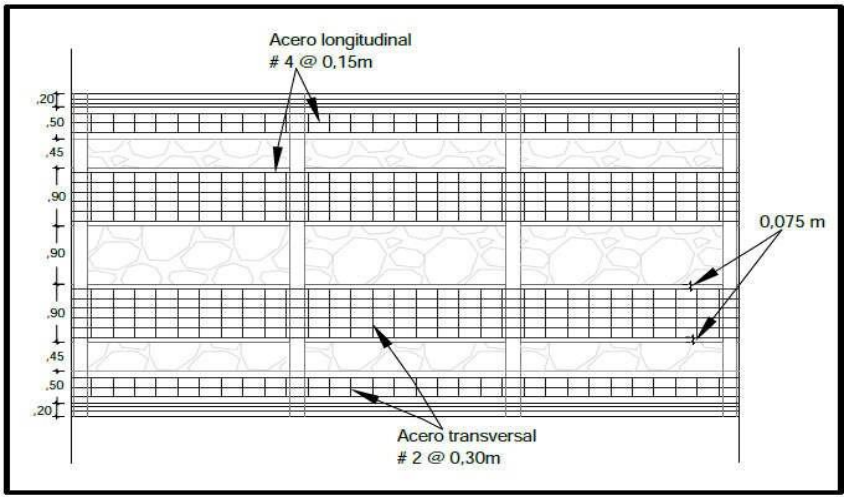
La subbase deberá tener, COMO MÍNIMO, quince (15) centímetros de espesor en todo el ancho de la sección transversal. Si la conformación de la superficie existente no permitió configurar el bombeo en las tangentes (-2%) y el peralte y su transición en las curvas (2%) esta tarea se deberá efectuar al momento de construir la subbase. Lo anterior implica que la subbase tendría en la zona central de la calzada y en la parte externa de las curvas horizontales un espesor superior al mínimo de quince centímetros (0,15 m).

Dependiendo de su deflexión y radio de curvatura las curvas horizontales pueden requerir placas-huella de anchos mayores. En la presente Guía se han establecido para las placas-huella en curva tres valores de ancho: noventa centímetros (0,90 m), un metro con treinta y cinco centímetros (1,35 m) y un metro con ochenta centímetros (1,80 m).

El espesor de la placas-huella es de quince centímetros (0,15 m).

La longitud máxima de la placa-huella es de dos metros con ochenta centímetros (2,80 m). Como el ancho de la riostra siempre es de veinte centímetros (0,20 m) la longitud máxima de un módulo es de tres metros (3,0 m) y corresponde a la longitud del módulo en tangente.

Figura 4 Esquema en planta perfil placa-huella con refuerzo



Fuente Guía de diseño de pavimentos con placa huella

El acero de refuerzo se debe colocar en la mitad del espesor de la placa-huella, lo que implica un recubrimiento de siete y medio centímetros (0,075 m) tanto en la cara superior como en la inferior.

La superficie de la Placa-huella debe tener una textura transversal homogénea en forma de estriado, que cumpla con lo indicado en el numeral 500.4.15 del Artículo 500 de las especificaciones INVIAS-2013.

6.6.1. Textura superficial de la placa-huella

La superficie de la Placa-huella debe tener una textura transversal homogénea en forma de estriado, que cumpla con lo indicado en el numeral 500.4.15 del Artículo 500 de las especificaciones INVIAS-2013.

Figura 5 Sección transversal y longitudinal placa-huella

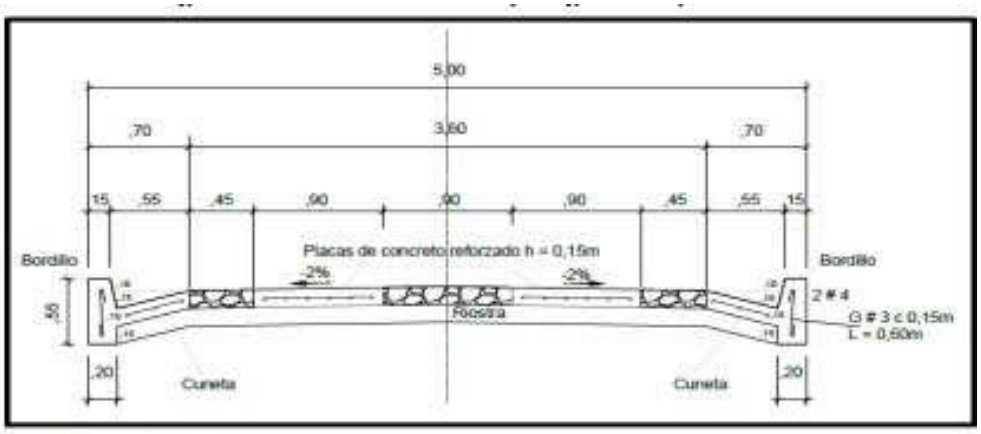


Figura 2.2 Corte Transversal

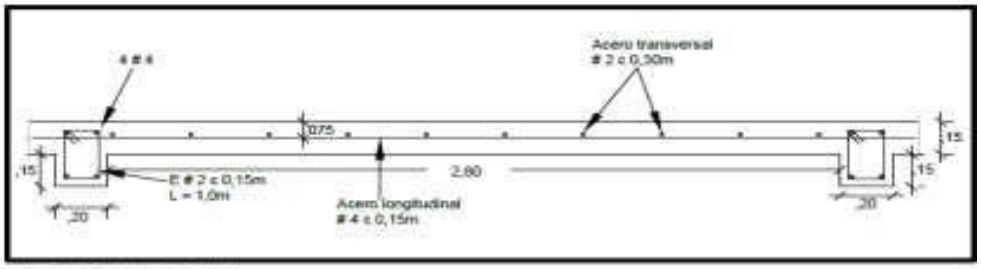


Figura 2.3 Corte Longitudinal

Fuente Guía de diseño de pavimentos con placa huella

Para garantizar la durabilidad del pavimento la Guía recomienda una sección transversal en tangente de cinco (5) metros de ancho.

El motivo principal de la adopción de este ancho obedece a evitar, hasta donde sea posible, que los camiones y buses circulen sobre la piedra pegada dado que este es un material cuyo comportamiento ante la solicitación de las cargas de los vehículos es totalmente incierto dada la dificultad de establecer un modelo que permita predecir en el largo plazo dicho comportamiento.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que el período de servicio del pavimento no puede ser inferior a veinte (20) años la única opción responsable es evitar que los camiones y buses circulen por las franjas de piedra pegada.

6.6.2. Viga riostra

Longitud máxima: 6,80 metros.

Ancho de la Riostra: 0,20 metros diseño Estructural Peralte de la Riostra: 0,30 metros.

Refuerzo Longitudinal: Cuatro varillas número 4 (4#4).

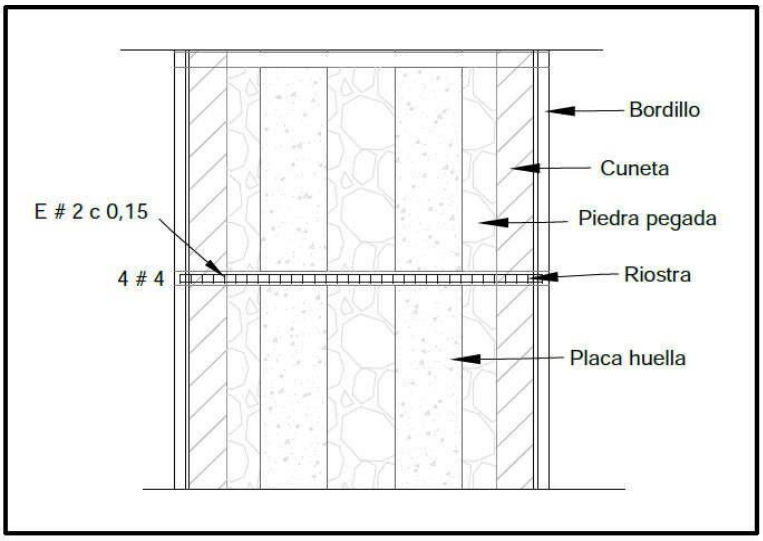
Estribos: Una varilla número 2 cada 15 centímetros (1#2@0,15).

La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 es de mínimo sesenta (60,0 cms) centímetros.

El recubrimiento de las varillas longitudinales #4 es de siete coma cinco (0,075 m) centímetros en la parte inferior y de cuatro (0,04 m) centímetros en la parte superior.

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

Figura 6 Ubicación de viga riostra en la placa-huella



Fuente Guía de diseño de pavimentos con placa huella

6.6.3. Características de los materiales

La piedra pegada conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple y 40% de agregado ciclópeo, con las siguientes características:

Características del concreto simple:

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg/cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso T máx. = Treinta y ocho (38 mm) milímetros.
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

Características del Agregado Ciclópeo:

- Tamaño máximo del agregado T máx. = entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.
- Deben ser cantos rodados.

6.6.4. Diseño estructural de la berma-cuenta y el bordillo

Para el caso del pavimento con placa-huella es necesario recoger las aguas lluvias provenientes de la placa-huella en dos bermas-cunetas ubicadas lateralmente a la estructura. Estas bermas-cunetas adicionalmente sirven de confinamiento de la estructura del pavimento y de anclaje a las riostras que sirven de confinamiento.

Figura 7 Esquema en planta perfil berma-cuneta con refuerzos

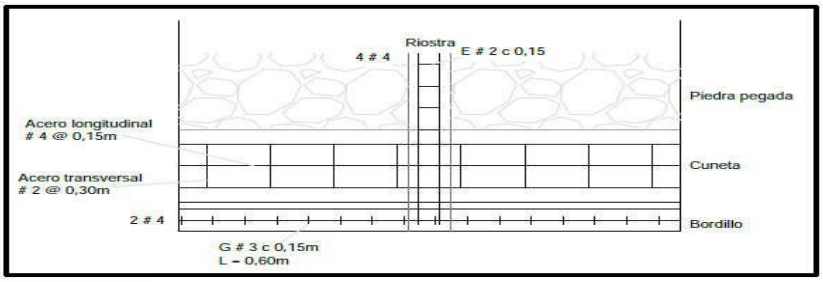


Figura 2.12 Planta

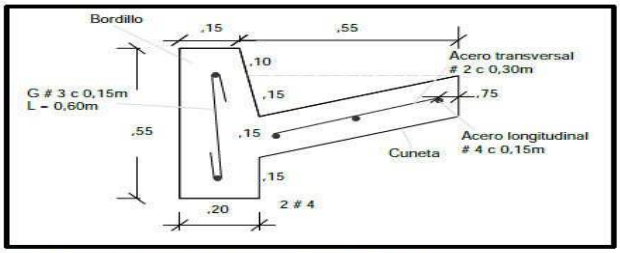
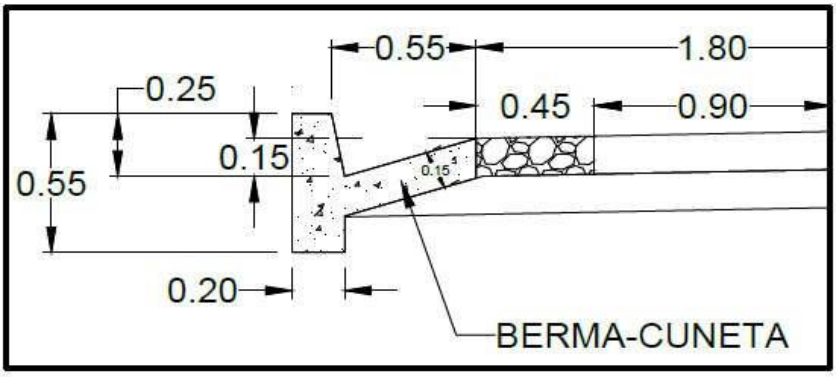


Figura 2.13 Corte Berma-cuneta Sección en la Cuneta

Fuente Guía de diseño de pavimentos con placa huella

Figura 8 Detalle berma-cuneta recomendada según la Guía de diseño de pavimentos con placa-huella



Fuente Guía de diseño de pavimentos con placa huella

6.6.5. Mantenimiento del pavimento en placa-huella

Una vez ejecutadas las obras, se proyecta un programa de mantenimiento rutinario y periódico para lo cual se deberá considerar los siguientes aspectos:

Para evaluar la calidad de la obra y del mantenimiento, se definen dos tipos de parámetros, los Tipo 1, que se refieren a la comodidad y seguridad de los usuarios y los Tipo 2, que se refieren a la condición estructural de la vía.

Para garantizar la durabilidad del pavimento en placa huella es importante controlar la precipitación con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma-cunetas, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes.

Las alcantarillas son drenajes transversales que transportan el agua proveniente de cauces naturales, canales o cunetas, de un lado a otro de la vía de manera perpendicular al eje de esta, evitando que se afecte lo menos posible la circulación del agua por el cauce natural y garantizando las condiciones iniciales, pueden ser de sección circular, rectangular, etc.

El mantenimiento rutinario de las alcantarillas consiste en el retiro de sedimentos, piedras, palos de las estructuras de encole y descole y de la alcantarilla como tal y debe ejecutarse de manera periódica cuando sea necesario, no se debe esperar, ya que entre más tiempo se pase, mayores serán los daños que podrán ocurrir y las reparaciones serán más costosas como los represamientos que pueden generar el deterioro del pavimento de la vía y hasta la perdida de la banca.

Desde el punto de vista ambiental las Inundaciones o represamiento de aguas por obras de drenaje insuficientes o con poca capacidad se debe tener en cuenta un Plan de Manejo Ambiental que consiste en un diseño adecuado y suficiente, cumplimiento de recomendaciones e instrucciones del calculista, cumplimiento de especificaciones y normas técnicas de construcción, mantenimiento permanente de las obras de drenaje y subdrenaje existentes y de las nuevas estructuras, disposición adecuada del material proveniente de la limpieza, supervisión permanente de la actividad. Se deberán tener en cuenta áreas de drenaje menores que pueden ser afectados y que pueden ser ignorados por su poca importancia en época de verano.

Dependiendo del instante de atención de mantenimiento y rehabilitación del pavimento afecta el grado de inversión como la vida útil del pavimento, es decir a

mayor demora en la atención del pavimento mayor son los costos de reparación dado que los deterioros son exponenciales en el tiempo.

A continuación, se muestra una gráfica que ilustra tal comportamiento

Figura 9 Comportamiento condiciones del pavimento e inversión



Los modos de deterioro o falla son normalmente divididos en: asociados o no asociados con cargas, siendo los primeros, inducidos por el tráfico en la estructura del pavimento. Las fallas no asociadas con carga se refieren a las producidas por el medio ambiente y condiciones atmosféricas, calidad de construcción y/o materiales, y problemas especiales, tales como: temperatura y humedad, características de los suelos y materiales y diseños inadecuados de ingeniería.

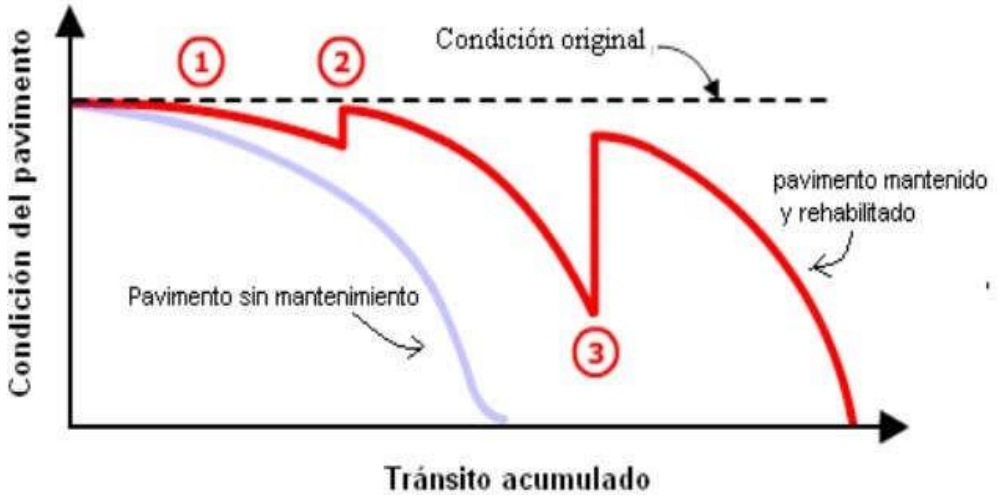
Los tipos de falla de un pavimento

- Agrietamiento por cargas (fatiga)
- Deformación por cargas (ahuellamiento)
- Agrietamiento por contracción (termo-fractura)
- Deformaciones y grietas no producidas por cargas
- Desintegración
- Ocasionados por factores no intrínsecos de la estructura.

Los pavimentos muestran distintas relaciones deterioro-tiempo de acuerdo con la combinación particular de los distintos factores involucrados en el mecanismo de deterioro. Más allá de cierto punto el simple mantenimiento no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en las condiciones del pavimento, teniendo en cuenta la evaluación para determinar el grado de deterioro realizada por un especialista de pavimentos quien sugerirá el tipo de intervención adecuada y viable económicamente garantizando seguridad en la inversión como producto de una buena gestión y administración del pavimento.

A continuación, se muestra una gráfica de comportamiento en el tiempo del mantenimiento y rehabilitación donde se ilustra periódicamente la recuperación de la condición del pavimento.

Figura 10 Comportamiento condición del pavimento y transito acumulable



7. CONCLUSIONES

- El actual documento presenta la propuesta de implantación constructiva, a partir de la caracterización del suelo realizada por la firma de ingeniería CONSULTORES Y ASESORES GSC y basados en los manuales de diseño del INVIAS PARA para la vía del objeto del convenio, y la cual está compuesta de una rasante en material granular y una subrasante en material fino granular.

- Se sugiere se lleve a cabo una nueva auscultación en aras de ajustar un diseño definitivo que cumpla con las especificaciones técnicas de los manuales de diseño, normas y ensayos vigentes del INVIAS 2012

- Las capas estructurales de pavimento (placa-huella) por construir deberán cumplir con las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2012 o especificaciones particulares según sea el caso, de tal forma que se garantice la calidad de los materiales empleados para la construcción de cada una de las capas, el alineamiento, pendientes, cotas y dimensiones diseñadas, así como del proceso constructivo, garantizando homogeneidad del material, adecuado mezclado y satisfactoria compactación.

- Reconociendo que la subrasante se compone de estratos arcillosos y limosos, cuyo comportamiento es susceptible ante las variaciones en el contenido de humedad, deberán implementarse las obras de drenaje necesarias para que la estructura de pavimento no se vea sometida a procesos de saturación. Dichas medidas son avaladas por el especialista en hidráulica del proyecto.

- Debe considerarse el porcentaje de humedad de la subrasante, así como las características hidrogeológicas de la zona de estudio se recomienda la ejecución de obras de drenaje y subdrenaje. Así mismo, se recomienda contar con un sistema de bombeo durante la ejecución de las obras a fin de evacuar el agua que se puede presentar a causa de las fluctuaciones de estos niveles, así como aquella que ingrese a las excavaciones como producto de las precipitaciones que se puedan presentar. Se recomienda adoptar las siguientes medidas para el manejo de las aguas superficiales y sub superficiales: Canalizar el agua lluvia y de escorrentía superficial mediante la construcción de cunetas y alcantarillas y ejecución de transversales.

- En aras de definir las secciones más apropiadas en el momento de la ejecución de las obras de placa huellas, es necesario definir una topografia que

cumpla con especificaciones mínimas de un diseño geométrico según requerimientos invias, para así establecer las dimensiones finales de los elementos que componen la placa huella

- De manera complementaria, las estructuras de pavimento apoyadas en el suelo natural deberán contar con un sistema de drenaje y subdrenaje eficiente que garanticen la estanqueidad de los materiales no tratados. Lo cual deberá ser definido a partir del diseño hidrológico e hidráulico de la vía

- Es necesario analizar sectores con probable transitabilidad de vehículos mayores al vehículo de diseño de la placa huella (C3), en aras de dar la propuesta de estructura de pavimento técnica y económicamente viables y más apropiada

- La compactación de materiales granulares se deberá realizar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

- Teniendo en cuenta que una exploración preliminar de la subrasante no definió la restitución de suelos, es de mencionar que en el caso que se encontrasen subrasantes con valores de CBR menores a 3% o en caso de encontrarse con algún tipo de material objetable (rellenos antrópicos, basuras, escombros, materia orgánica, suelos muy blandos, lapilli, suelo negro, entre otros) en el suelo de apoyo de la cimentación debe realizarse una restitución con suelos seleccionados o un material de afirmado de cantera libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales cumpliendo con los requisitos establecidos en la Tabla 220-1 y las demás recomendaciones del Numeral 220.4.2. Preparación del terreno para terraplenes de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.