ESTUDIOS, DISEÑOS Y FORMULACIÓN DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DE 460 METROS DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE BURITICA, ANTIOQUIA.

PROYECTO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE BURITICA, ANTIOQUIA.

MEJORAMIENTO DE LA VIA TERCIARIA TABACAL – LA CORDILLERA EN EL MUNICIPIO DE BURITICA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

DISENADOR(ES) VIAL: YUBER HERNANDO HIGUITA HIGUITA
MAT PROF: 05202-32883 ANT

BURITICA 2023

Contenido

1. **INTRODUCCIÓN** 5
2. **OBJETIVOS** 6
3. **LOCALIZACIÓN** 7
4. **INFORMACIÓN GEOTÉCNICA** 8
5. **TRANSITO DE DISEÑO** 10
6. **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA** 16
6.1. **Periodo de diseño** 16
6.2. **Vehículo de diseño** 16
6.3. **Sección transversal de la vía** 16
6.4. **Material granular de soporte de la placa- huella** 17
6.5. **Módulos de Construcción Placa – Huella y Riostra** 18
6.6. **Placa-Huella** 19
6.7. **Riostras** 19
6.8. **Resistencia y especificaciones técnicas del concreto para placa - huella** 21
6.9. **Características y dimensiones del acero de refuerzo de la placa – huella.** 21
6.10. **Características y Especificaciones Técnicas de la Piedra Pegada** 24
6.11. **Berma – cuneta y bordillo** 25
6.12. **Juntas constructivas** 26
7. **CONCLUSIONE S Y OBSERVACIONES** 28
8. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de los ensayos de campo – Ensayos CBR Km 0+000 - Km 0+500 9

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización especial del municipio de Buritica - Antioquia. 7
Ilustración 2. Localización tramo de interés vía Tabacal – La Cordillera del municipio de Buritica - Antioquia. 8
Ilustración 3. Camión de Diseño C-3 INVIAS 11
Ilustración 4. Volumen de tránsito y composición vehicular vía Tabacal – La Cordillera. 12
Ilustración 5. Composición vehicular vía Tabacal – La Cordillera. 12
Ilustración 6. Valores de ADES vía Tabacal – La Cordillera. 14
Ilustración 7. Patrones de transito cada 15min vía Tabacal – La Cordillera. 14
Ilustración 8. Calculo del VHM y FHP vía Tabacal – La Cordillera. 15
Ilustración 9. Calculo del VHM y FHP vía Tabacal – La Cordillera. 15
Ilustración 10. Sección transversal típica del pavimento placa – huella 17
Ilustración 11. Vista en planta de los módulos de construcción pavimento placa - huella 18
Ilustración 12. Vista en planta de acero de refuerzo de la riostra placa Huella 20
Ilustración 13. Corte transversal con detalles constructivos de la riostra placa - huella 21
Ilustración 14. Corte transversal de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella. 22
Ilustración 15 Vista en planta de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella. 23
Ilustración 16. Corte transversal con longitudes y posición de acero de refuerzo en la placa - huella. 23
Ilustración 17. Corte longitudinal de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella. 24
Ilustración 18. Vista en planta con detalles constructivos de la berma - cuneta en la placa - huella. ... 26
Ilustración 19. Corte transversal con detalles constructivos de la berma - cuneta en la placa - huella. 26
Ilustración 20. Detalle de la junta transversal de construcción en la placa - huella. 27
Ilustración 21. Detalle de la junta transversal de construcción en berma - cuneta la placa - huella ... 27
Ilustración 22. Detalle de la junta transversal de construcción en berma - cuneta la placa - huella ... 28
Ilustración 23. Detalle de junta longitudinal entre placa – huella, riostra o berma – cuneta y piedra pegada de la placa huella. 28
Ilustración 24. Sección Transversal típica del pavimento placa – huella. 29

1. INTRODUCCIÓN

Mediante los presentes diseños buscamos brindar las condiciones técnicas, ambientales y sociales que garanticen la correcta ejecución de los estudios y formulación del proyecto mejoramiento de 460 metros de vías terciarias en el municipio de Buriticá, Antioquia

El corredor priorizado con el presente proyecto es la vía terciaria Tabacal - La cordillera la cual es una vía que se encuentra legalizada ante ministerio de transporte y con este proyecto buscamos mejorar las condiciones de transitabilidad de este importante corredor vial que genera desarrollo económico y social a las comunidades rurales del municipio de Buritica, Antioquia.

Así mismo, se busca reducir la accidentalidad de tránsito y mejorar la calidad de vida de las personas, El tramo a intervenir está comprendido entre la vereda El Siento y la vereda La Cordillera entre las abscisas Km 0+000 - Km 0+460.

Para conocer el tipo de suelo que se tiene a nivel de subrasante o suelo de fundación, se programó la ejecución de dos (2) apiques distribuidos a lo largo del sector vial en estudio. En cada uno de los apiques se realizó la perforación hasta una profundidad de 1.0 m o hasta donde la profundidad que el suelo existente permitía

con el fin de obtener muestras y realizar los respectivos ensayos de laboratorio que permitieran la caracterización de los suelos encontrados, los cuales se describen en el documento complementario al presente, denominado “ANÁLISIS GEOLOGICO Y GEOTECNICO”; dentro de los ensayos realizados se encuentran límites de atterberg, granulometría y PDC.

Respecto del tránsito de diseño, se llevaron a cabo aforos vehiculares durante un (1) día, en un periodo de doce (12) horas, estableciendo un (1) punto de aforo en el corredor de interés.

El objetivo del aforo vehicular es obtener el volumen de transito de cada uno de los tramos y así mismo los horarios de mayor afluencia vehicular, obteniendo así la capacidad del servicio de la vía, es importante aclarar que el estudio de transito realizado no es una variable considerada para el diseño de las placas huellas, ya que el INVIAS en la guía de diseño de PAVIMENTOS CON PLACA HUELLA, considera que el mecanismo de falla estructural es por carga ultima (eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3) y no por desgaste o fatiga que obedece a un daño por repeticiones de ejes equivalentes que pasan por la estructura del pavimento.

En cuanto a la metodología de diseño utilizada para definir la alternativa de pavimentación, se implementa la guía de diseño de PAVIMENTOS CON PLACA HUELLA – Versión 2015 del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS- INVIAS, así como las especificaciones generales para construcción de carreteras del INVIAS en su versión 2013.

2. OBJETIVOS

- Presentar la alternativa de pavimentación mediante el uso de placa huella para el tramo priorizado en el presente estudio.

- Definir las variables de diseño para la estructura de pavimentación, como el tránsito y capacidad portante de la subrasante o suelo de fundación.

- Proponer algunas recomendaciones técnicas a seguir durante el proceso constructivo, según lo dispuesto en la GUIA DE DISEÑO DE PAVIMENTO CON PLACA – HUELLA y las ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS del INVIAS.

- Diseñar el pavimento con placa huella para la vía terciaría Tabacal - La Cordillera zona rural del municipio de Buritica, Antioquia utilizando la GUIA DE DISEÑO DE PAVIMENTO CON PLACA.

3. LOCALIZACIÓN

Buritica se ubica en la subregión Occidente del departamento de Antioquia. Limita por el oeste con el municipio de Cañasgordas, por el sur con los municipios de Giraldo y Santafé de Antioquia, por el norte con el municipio de Peque, y por el oriente con los municipios de Sabanalarga y Liborina. Su cabecera dista 93 kilómetros de la ciudad de Medellín, posee una extensión de 364 kilómetros cuadrados.

Finalmente, se debe mencionar que la placa huella a diseñar hacen parte de la red vial terciaria del departamento y que tienen como proyección conectar a los habitantes del corregimiento Tabacal y la vereda de la Cordillera con la cabecera municipal. En la Figura 1se puede observar la ubicación espacial del municipio.



Ilustración 1. Localización especial del municipio de Buritica - Antioquia.



Ilustración 2. Localización tramo de interés vía Tabacal – La Cordillera del municipio de Buritica - Antioquia.

4. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA

Teniendo en cuenta los CBR´s obtenidos en la prospección del suelo y detallados en el documento complementario a este estudio denominado "**ANÁLISIS GEOLOGICO Y GEOTECNICO V0";** se establece que las subrasantes existentes en el tramo vial cumplen con la resistencia mínima establecida en el INVIAS (CBR > 3%), por lo que siguiendo las recomendaciones de la Guía de Diseño de Pavimento con Placa-Huella del INVIAS, se tiene que el tramo a diseñar cuenta con suelos de fundación que garantizan una buena plataforma de apoyo para la estructura de pavimento a construir, de tal forma que no se hace necesario plantear el mejoramiento o tratamiento de dichos suelos. Se destaca que los valores de CBR reportados corresponden a los resultados obtenidos por el ensayo Método CBR in situ.

De igual manera, al revisar el potencial de expansión de cada una de las muestras de suelo analizadas, se encontró que el suelo presenta un potencial de expansión bajo, otra característica física que nos establece que el suelo de fundación es apto para servir de apoyo a la estructura del pavimento.

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de campo – ensayos de CBR realizados en el tramo de interés de la vía Tabacal – La Cordillera K0+000 – Km 0+460.

Tabla 1. Resultados de los ensayos de campo – Ensayos CBR Km 0+000 - Km 0+500

tramo PR 0+000 A PR 0+250 SUBRASASANTE

PENETRACIÓN ACUMULADA	N° GOLPES	INTERVALO PENETRACIÓN (mm)	PENETRACIÓN POR GOLPE	FACTOR MARTILLO	INDICE DCP	CBR (%)
500	0	0	0	0	0	0
550	5	50	10.0	1	10.0	22.2
600	4	50	12.5	1	12.5	18.3
650	R	50				
FIN					promedioCBR	20.25

Fuente: trabajo de campo.

tramo PR 0+250 A PR 0+500 SUBRASASANTE

PENETRACIÓN ACUMULADA	N° GOLPES	INTERVALO PENETRACIÓN (mm)	PENETRACIÓN POR GOLPE	FACTOR MARTILLO	INDICE DCP	CBR (%)
950	0	0	0	0	0	0
1000	1	50	50.0	1	50.0	3.7
1050	2	50	25.0	1	25.0	7.8
1100	3	50	16.7	1	16.7	12.5
1150	4	50	12.5	1	12.5	17.3
1200	2	50	25.0	1	25.0	7.8
1250	2	50	25.0	1	25.0	7.8
1300	3	50	16.7	1	16.7	12.5
1350	2	50	25.0	1	25.0	7.8
1400	2	50	25.0	1	25.0	7.9
1450	3	50	16.7	1	16.7	12.4
FIN					Promedio CBR	9.75

Fuente: trabajo de campo.

5. TRANSITO DE DISEÑO

El transito es un parámetro importante para la definición del tipo de intervención a ejecutar en cada vía, pues en función del uso vehicular, del volumen vehicular y las características geotécnicas de la subrasante se dimensionan las alternativas de pavimentación, no obstante, al conocer previamente que el proyecto se implementara en víasclasificadas como terciarias utilizando la pavimentación por medio de placa huellas, no resulta indispensable elaborar un estudio de transito debido a que el mecanismo de falla de dichos pavimentos ocurre cuando las secciones de losas en concreto reforzado están expuestas a cargas que superan la resistencia ultima de diseño y no por repeticiones de carga que ocasionan fatiga como sucede en las vías de pavimento rígido o flexible.

Dicho lo anterior, lo relevante al momento de plantear una alternativa de pavimentación con placa huella es la selección del vehículo de diseño, el INVIAS expone en la Guía de Diseño para Pavimentación con Placa – Huella que el diseño estructural del pavimento debe atender los esfuerzos que transmiten un eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3, esta determinación se base en que las vías al ser terciarias de carácter veredal (rural) presentan volúmenes de transito muy bajos, donde circulan muy pocos buses y camiones al día, siendo así los automóviles, camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular, pero existe una pequeña posibilidad de que en algún momento de la vida de servicio de la vía un camión C3 cargado circule por esta, por lo tanto 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 ultima debe ser el eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3. El diseño debe ser tal que al desplazarse dicho eje sobre la superficie no se produzca en las placa-huella un nivel de esfuerzos que le genera la falla, es decir su fractura. Si el paso de un eje tándem de 22 toneladas no produce la falla significa que la estructura estaría habilitada para resistir un número infinito de pasadas de dicho eje. En consecuencia, el paso de ejes de menor agresividad, independientemente de su cantidad, con mayor razón no la llevaran a la falla.

El objetivo del aforo vehicular es obtener la demanda del tramo de interés así mismo los horarios de mayor afluencia vehicular. Por lo tanto, fue necesario realizar un aforo vehicular durante un (1) día, por un periodo de doce (12) horas, estableciendo un (1) punto de aforo en la vía Tabacal – La Cordillera, en la siguiente abscisa:

- K0+00 del tramo de la vía Tabacal – La Cordillera.

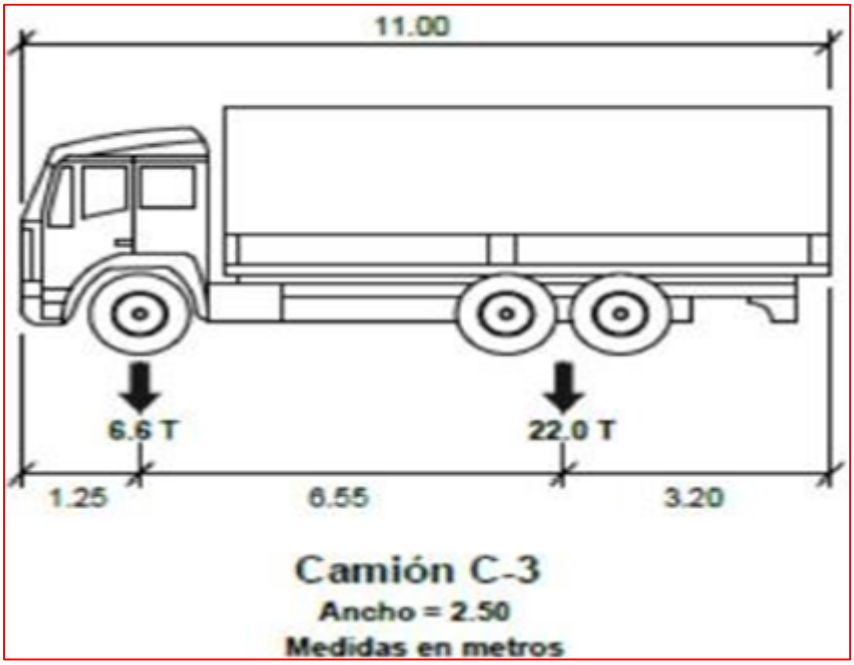


Ilustración 3. Camión de Diseño C-3 INVIAS

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, a continuación, se presenta el consolidado de losaforos vehiculares realizados en lo que corresponde al estudio de tránsito.

VIA TABACAL – LA CORDILLERA							
HORARIO		CLASIFICACIÓN VEHICULAR					
Intervalo de tiempo inicial	Intervalo detiempo final	VEHICULOS LIVIANOS		VEHICULOS PESADOS		VEHICULO TRACTO ANIMAL	TOTAL VEHÍCULOS
		Auto / Camioneta /Jeep	Moto / Bicicleta	Bus / Buseta	Camión	Vehículo tracto animal	
6:00:00 a. m	6:15:00 a. m	**5**	**6**	**0**	**1**	**2**	14
6:15:00 a. m	6:30:00 a. m	0	0	1	1	7	9
6:30:00 a. m	6:45:00 a. m	4	4	0	0	1	9
6:45:00 a. m	7:00:00 a. m	0	0	1	1	4	6
7:00:00 a. m	7:15:00 a. m	4	6	0	2	3	15
7:15:00 a. m	7:30:00 a. m	3	5	0	1	2	11
7:30:00 a. m	7:45:00 a. m	2	4	1	0	2	9
7:45:00 a. m	8:00:00 a. m	2	4	0	0	1	7
8:00:00 a. m	8:15:00 a. m	3	6	0	2	1	12
8:15:00 a. m	8:30:00 a. m	3	2	0	1	2	8
8:30:00 a. m	8:45:00 a. m	3	4	1	1	2	11
8:45:00 a. m	9:00:00 a. m	1	3	0	1	1	6
9:00:00 a. m	9:15:00 a. m	2	4	0	1	1	8
9:15:00 a. m	9:30:00 a. m	2	3	0	1	1	7
9:30:00 a. m	9:45:00 a. m	1	3	0	0	2	6
9:45:00 a. m	10:00:00 a. m	2	2	0	1	0	5
10:00:00 a. m	10:15:00 a. m	2	3	1	2	2	10
10:15:00 a. m	10:30:00 a. m	2	4	0	0	0	6
10:30:00 a. m	10:45:00 a. m	1	2	1	0	1	5

10:45:00 a. m	11:00:00 a. m	1	2	0	1	0	4
11:00:00 a. m	11:15:00 a. m	1	2	0	0	1	4
11:15:00 a. m	11:30:00 a. m	2	3	0	1	0	6
11:30:00 a. m	11:45:00 a. m	1	3	0	1	0	5
11:45:00 a. m	12:00:00 p. m	0	0	1	0	2	3
12:00:00 p. m	12:15:00 p. m	1	3	0	1	2	7
12:15:00 p. m	12:30:00 p. m	2	3	0	2	0	7
12:30:00 p. m	12:45:00 p. m	2	2	1	0	2	7
12:45:00 p. m	1:00:00 p. m	1	3	0	0	1	5
1:00:00 p. m	1:15:00 p. m	2	2	0	1	0	5
1:15:00 p. m	1:30:00 p. m	2	3	1	0	0	6
1:30:00 p. m	1:45:00 p. m	1	3	0	0	2	6
1:45:00 p. m	2:00:00 p. m	1	2	0	0	0	3
2:00:00 p. m	2:15:00 p. m	2	3	1	0	0	6
2:15:00 p. m	2:30:00 p. m	1	1	0	1	0	3
2:30:00 p. m	2:45:00 p. m	1	2	0	0	1	4
2:45:00 p. m	3:00:00 p. m	0	2	0	1	0	3
3:00:00 p. m	3:15:00 p. m	1	0	1	0	0	2
3:15:00 p. m	3:30:00 p. m	2	3	0	0	1	6
3:30:00 p. m	3:45:00 p. m	0	1	0	0	2	3
3:45:00 p. m	4:00:00 p. m	1	0	0	2	0	3
4:00:00 p. m	4:15:00 p. m	3	3	0	1	0	7
4:15:00 p. m	4:30:00 p. m	2	5	0	1	0	8
4:30:00 p. m	4:45:00 p. m	0	2	0	0	2	4
4:45:00 p. m	5:00:00 p. m	2	0	1	1	2	6
5:00:00 p. m	5:15:00 p. m	5	4	0	2	3	14
5:15:00 p. m	5:30:00 p. m	2	5	0	2	0	9
5:30:00 p. m	5:45:00 p. m	4	3	1	1	3	12
5:45:00 p. m	6:00:00 p. m	1	3	0	0	3	7
TOTAL		**86**	**133**	**13**	**35**	**62**	**329**

Ilustración 4. Volumen de tránsito y composición vehicular vía Tabacal – La Cordillera.

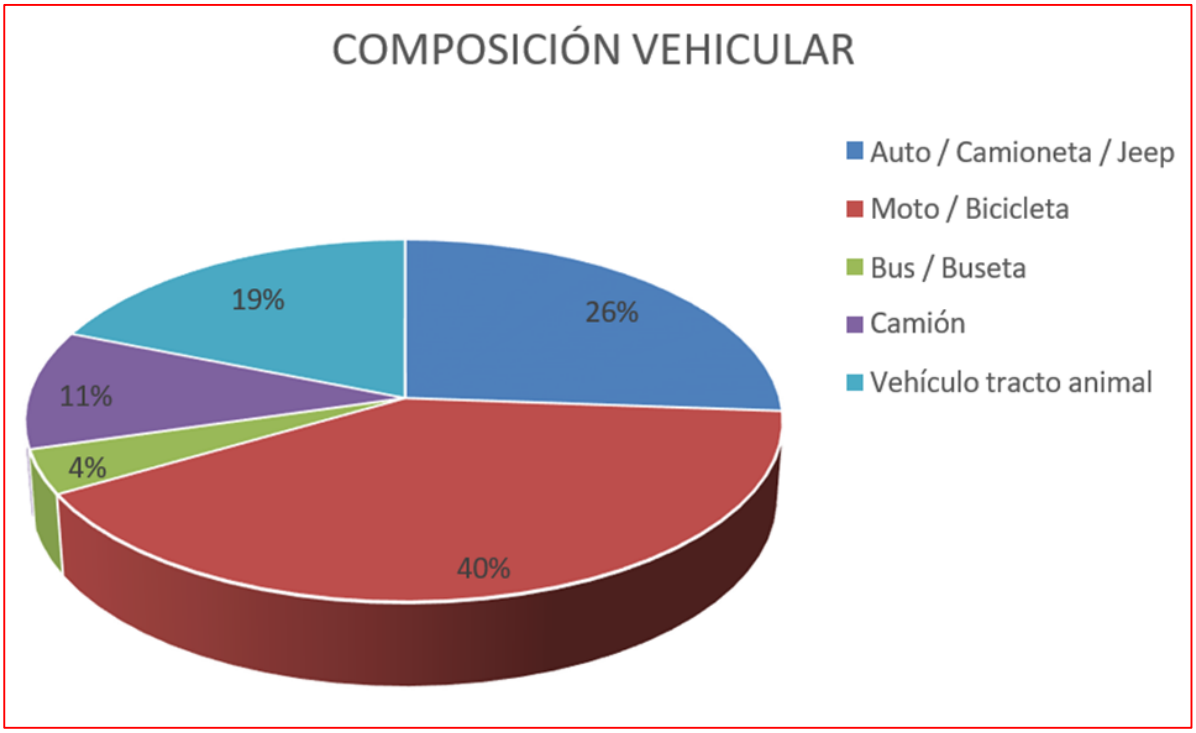


Ilustración 5. Composición vehicular vía Tabacal – La Cordillera.

De las gráficas anteriores se puede concluir que el transito presenta un comportamiento

acorde como el que se espera para vías terciarias o de carácter veredal, donde el flujo de vehículos es muy poca a lo largo del día, de igual manera se observa que la cantidad de vehículos pesados componen del 5% al 15% del total del volumen del tránsito lo que nos confirma, que el vehículo de diseño adoptado para el presente estudio y sugerido por el INVIAS es el indicado para realizar el diseño del pavimento con placa huella para las vías de las diferentes veredas mencionadas anteriormente, anexo al presente documento semuestra los aforos realizados.

Para el cálculo del volumen horario de máxima demanda y el factor de hora pico dentro del tramo a intervenir se deben convertir los volúmenes para cada tipo de vehículo (automóvil, moto, bus, camiones, etc.) en automóviles directos equivalentes (ADES), utilizando la siguiente conversión:

- Autos: Fequi=1.0
- Moto: Fequi=0.75
- Buses/Busetas: Fequi=2.0
- Camiones: Fequi=3.0
- Vehículo tracto animal: Fequi=0.33

El fin de convertir los diferentes tipos de vehículos como uno solo, radica en establecer en que horarios se puede transportar, carga y descargar, materiales, desecho y otros componentes necesarios para ejecutar las obras de pavimentación, ya que, si nos basamos en la cantidad del tránsito que circula por la vía, se puede establecer cuando el impacto será menor por el cierre de la vía.

VIA TABACAL – LA CODILLERA							
HORARIO		ADES					
		AUTOS	MOTOS	BUSES/BUSETAS	CAMIONES	VEHICULO TRACTO ANIMAL	TOTAL VEHÍCULO ADES
		1	0.75	2	3	0.33	
Intervalo de tiempo inicial	Intervalo de tiempo final	VEHICULOS LIVIANOS		VEHICULOS PESADOS		VEHICULO TRACTO ANIMAL	
		Auto / Camioneta / Jeep	Moto / Bicicleta	Bus / Buseta	Camión	Vehículo tracto animal	
6:00:00 a. m	6:15:00 a. m	5	5	0	3	1	14
6:15:00 a. m	6:30:00 a. m	0	0	2	3	2	7
6:30:00 a. m	6:45:00 a. m	4	3	0	0	0	7
6:45:00 a. m	7:00:00 a. m	0	0	2	3	1	6
7:00:00 a. m	7:15:00 a. m	4	5	0	6	1	16
7:15:00 a. m	7:30:00 a. m	3	4	0	3	1	11
7:30:00 a. m	7:45:00 a. m	2	3	2	0	1	8
7:45:00 a. m	8:00:00 a. m	2	3	0	0	0	5
8:00:00 a. m	8:15:00 a. m	3	5	0	6	0	14
8:15:00 a. m	8:30:00 a. m	3	2	0	3	1	9
8:30:00 a. m	8:45:00 a. m	3	3	2	3	1	12
8:45:00 a. m	9:00:00 a. m	1	2	0	3	0	6
9:00:00 a. m	9:15:00 a. m	2	3	0	3	0	8
9:15:00 a. m	9:30:00 a. m	2	2	0	3	0	7
9:30:00 a. m	9:45:00 a. m	1	2	0	0	1	4
9:45:00 a. m	10:00:00 a. m	2	2	0	3	0	7
10:00:00 a. m	10:15:00 a. m	2	2	2	6	1	13
10:15:00 a. m	10:30:00 a. m	2	3	0	0	0	5
10:30:00 a. m	10:45:00 a. m	1	2	2	0	0	5

10:45:00 a. m	11:00:00 a. m	1	2	0	3	0	6
11:00:00 a. m	11:15:00 a. m	1	2	0	0	0	3
11:15:00 a. m	11:30:00 a. m	2	2	0	3	0	7
11:30:00 a. m	11:45:00 a. m	1	2	0	3	0	6
11:45:00 a. m	12:00:00 p. m	0	0	2	0	1	3
12:00:00 p. m	12:15:00 p. m	1	2	0	3	1	7
12:15:00 p. m	12:30:00 p. m	2	2	0	6	0	10
12:30:00 p. m	12:45:00 p. m	2	2	2	0	1	7
12:45:00 p. m	1:00:00 p. m	1	2	0	0	0	3
1:00:00 p. m	1:15:00 p. m	2	2	0	3	0	7
1:15:00 p. m	1:30:00 p. m	2	2	2	0	0	6
1:30:00 p. m	1:45:00 p. m	1	2	0	0	1	4
1:45:00 p. m	2:00:00 p. m	1	2	0	0	0	3
2:00:00 p. m	2:15:00 p. m	2	2	2	0	0	6
2:15:00 p. m	2:30:00 p. m	1	1	0	3	0	5
2:30:00 p. m	2:45:00 p. m	1	2	0	0	0	3
2:45:00 p. m	3:00:00 p. m	0	2	0	3	0	5
3:00:00 p. m	3:15:00 p. m	1	0	2	0	0	3
3:15:00 p. m	3:30:00 p. m	2	2	0	0	0	4
3:30:00 p. m	3:45:00 p. m	0	1	0	0	1	2
3:45:00 p. m	4:00:00 p. m	1	0	0	6	0	7
4:00:00 p. m	4:15:00 p. m	3	2	0	3	0	8
4:15:00 p. m	4:30:00 p. m	2	4	0	3	0	9
4:30:00 p. m	4:45:00 p. m	0	2	0	0	1	3
4:45:00 p. m	5:00:00 p. m	2	0	2	3	1	8
5:00:00 p. m	5:15:00 p. m	5	3	0	6	1	15
5:15:00 p. m	5:30:00 p. m	2	4	0	6	0	12
5:30:00 p. m	5:45:00 p. m	4	2	2	3	1	12
5:45:00 p. m	6:00:00 p. m	1	2	0	0	1	4
TOTAL		**86**	**104**	**26**	**105**	**21**	**342**

Ilustración 6. Valores de ADES vía Tabacal – La Cordillera.

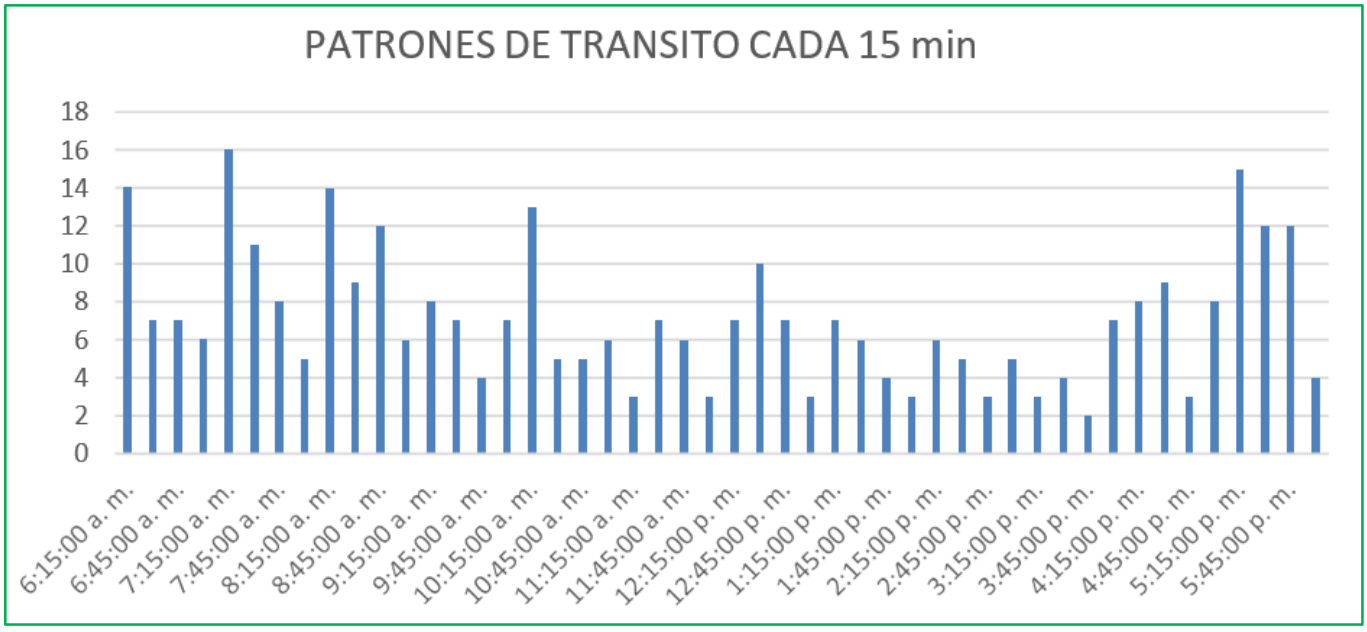


Ilustración 7. Patrones de transito cada 15min vía Tabacal – La Cordillera.

De la figura anterior se puede apreciar los periodos de 15 minutos que presenta más flujo

vehicular, estos periodos están comprendidos entre las 07:00 am y 07:15 am con 16 automóviles directos equivalentes para la vía Tabacal – La Cordillera aunque es importante aclarar que existen otros periodos con cantidades similares de ADES.

para determinar la hora pico se sumaron los periodos consecutivos de 15 minutos (45 periodos) de las 12 horas de toma de datos, estableciendo la hora con mayor volumen vehicular durante el tramo a intervenir, a continuación, se mostrarán las figuras con el factor de hora pico (FHP) y el volumen horario de máxima demanda (VHM).

	15 MINUTOS
VHMD	47
q max	15
FHP	0.78
FLUJO	RELATIVAMENTE HETEROGENEO

Ilustración 8. Calculo del VHM y FHP vía Tabacal – La Cordillera.

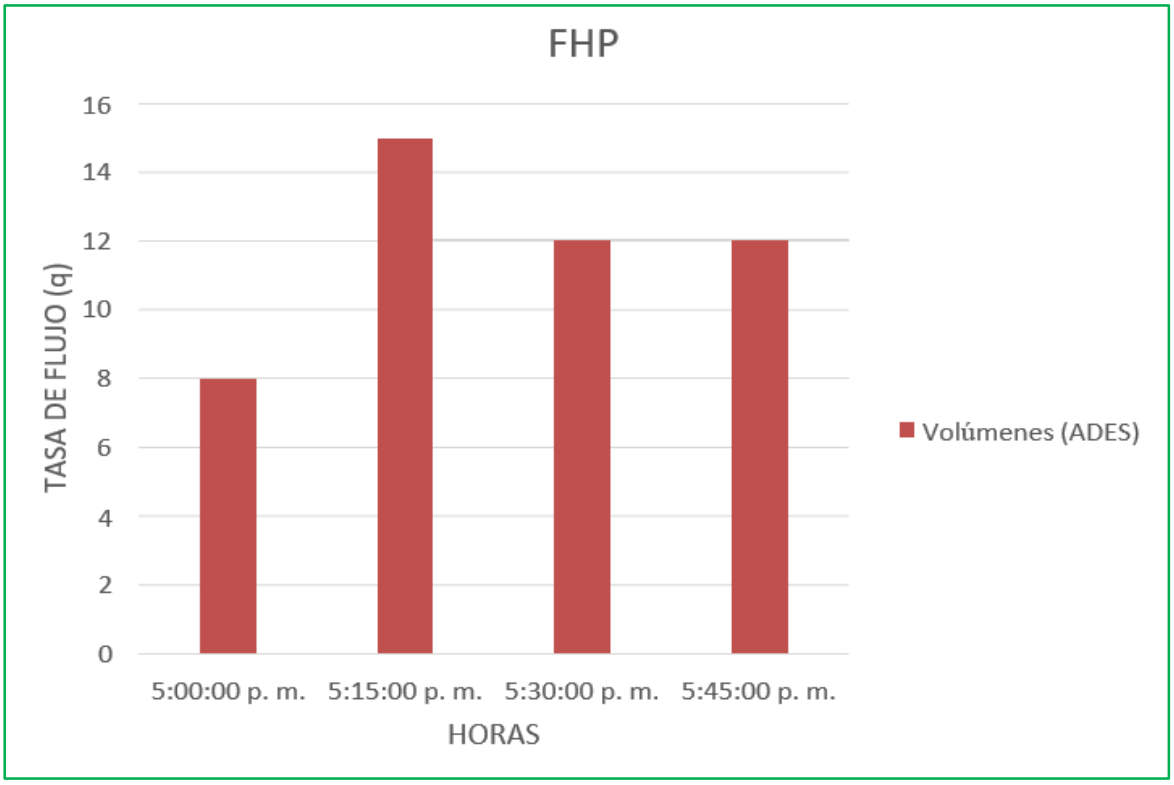


Ilustración 9. Calculo del VHM y FHP vía Tabacal – La Cordillera.

De las figuras anteriores se deduce que las horas del día que presenta más congestión vehicular son las comprendidas entre las 04:45 pm - 05:45 pm con volúmenes horarios de

máxima demanda de 47 ADES con un factor de hora pico variable de 0.78 que corresponde al tramo vial de interés Vía Tabacal- La Cordillera, en conclusión se puede establecer que en este periodo de tiempo, no se puede transportar, cargar ni descargar materiales para la ejecución de las obrasya que su impacto en la movilidad será muy alto, comparándolo con las otras horas del día.

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Los criterios de diseño y recomendaciones técnicas y constructivas que se desarrollan a continuación, obedecen a los lineamientos preestablecidos en la Guía de Diseño para pavimentos con Placa-Huella del Instituto Nacional de Vías – INVIAS en su versión 2015.

6.1. Periodo de diseño

Se adopta un periodo de diseño de 20 años siguiendo lo dispuesto en la Guía de Diseño de Pavimentos en Placa – Huella del INVIAS en su versión 2015, requiriendo únicamente del mantenimiento rutinario como lo es la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales.

6.2. Vehículo de diseño

Considerando que las estructuras de pavimentos con el sistema de placa – huella proporcionan una solución de transitabilidad principalmente para vías terciarias o veredales, se debe prever la circulación de camiones que transporten los productos agropecuarios, forestales, mineros o industriales que se extraigan o fabriquen en la zona del proyecto y así mismo en zonas aledañas, por lo que se ha adoptado para el presente diseño como vehículo de diseño el camión C3, cuyas características en cuanto a dimensiones y carga por eje se ilustran en la figura 9 del presente documento.

6.3. Sección transversal de la vía

Aun cuando la definición de la sección transversal de la vía es un tema que se encuentra directamente asociado al diseño geométrico de la vía, se deben considerar otros aspectos fundamentales dentro de los cuales se encuentra el mecanismo de falla de los pavimentos con placa – huella.

De acuerdo con lo expuesto en la Guía de Diseño de pavimento con Placa – Huella del INVIAS, para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios, además de la durabilidad de la estructura de pavimento se recomienda una sección transversal para los tramos en tangente de cinco (5.0) metros de ancho. La razón principal por lo cual se adopta este anchoobedece a evitar, hasta donde sea posible, que los vehículos circulen sobre las secciones en piedra pagada, debido a que su comportamiento ante la acción de cargas impartidas por el tránsito vehicular es incierto.

Una sección transversal con ancho superior a cinco (5.0) metros no es recomendable, debido a que permitiría que los vehículos se puedan cruzar en cualquier punto de la vía con alta probabilidad de una de las ruedas del eje cargado circule sobre la sección en piedra pegada, adicionalmente al tener anchos de vía mayores a cinco (5.0) metros implicarían mayores costos de obra, haciendo que la alternativa de pavimentación no sea competitiva frente a los sistemas de pavimentación convencional.

Para el caso de las secciones en curva, los camiones tipo C3 al girar pueden seguir trayectorias con sus ruedas traseras en las que estas circulen sobre la sección en piedra pegada, por lo que se hace necesario sustituir las secciones en piedra pegada por franjas con placa –huella reforzadas.

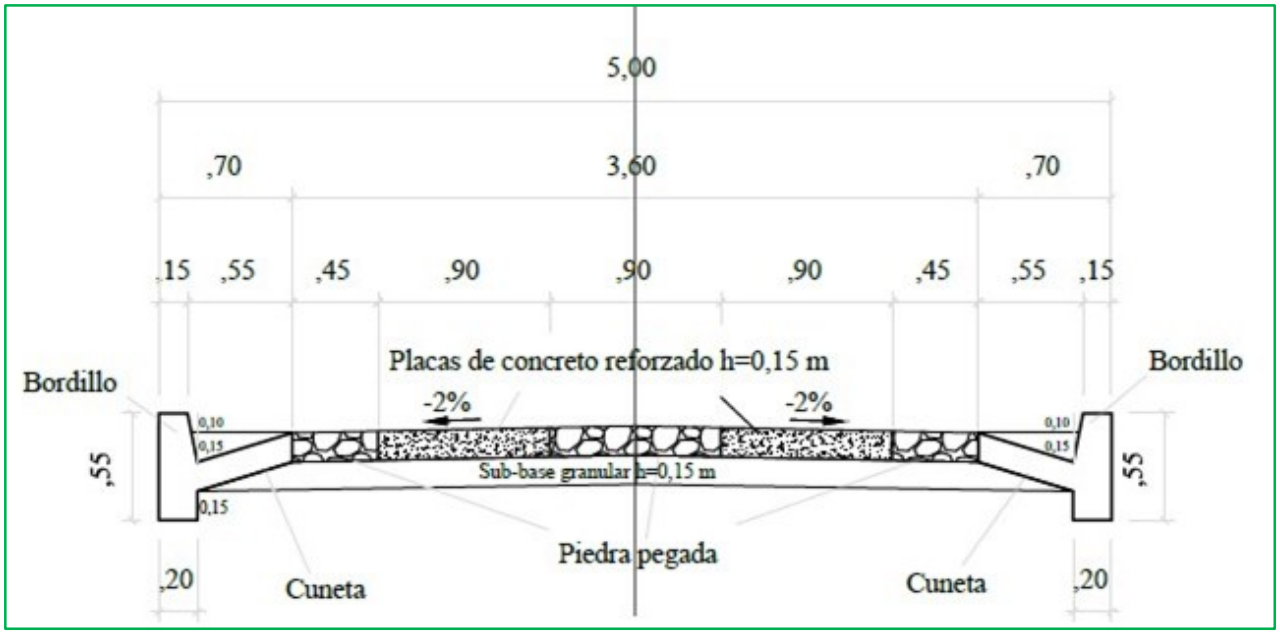


Ilustración 10. Sección transversal típica del pavimento placa – huella

6.4. Material granular de soporte de la placa- huella

Como parte de los resultados que se obtuvieron en las modelaciones realizadas para estructurar la guía de diseño de pavimentos con Placa – Huella, se realizó el análisis de sensibilidad de las variables que inciden en el comportamiento del pavimento con placa – huella, donde pudo conducir que las dimensiones de la placa – huella y la cuantía de acero de refuerzo no son sensibles a la rigidez de la superficie de apoyo.

Ahora bien, es importante mencionar que la capacidad portante de la subrasante en términos del ensayo de CBR mínima a garantizar en los diseños debe ser del 3.0% por lo que los resultados obtenidos para el ensayo de CBR en cada uno de los tramos a diseñar en el presente proyecto estarían cumpliendo. La subrasante que se evalúa para calificar su capacidad de

soporte es el estrato subyacente al afirmado existente. El aporte estructural de la capa de afirmado que pueda existir no se toma en cuenta y se considera como un factor de seguridad, según lo dispuesto en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa – Huella.

Previo a la instalación del material de subbase granular se debe realizar la conformación del suelo de fundación conforme con lo indicado en el artículo INV-310-13 de las especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS. Una vez se tiene conformado el terreno de fundación de acuerdo con los alineamientos y cota previstos en el diseño geométrico, y se encuentre adecuadamente compactada se deberá extender, conformary compactar una capa de subbase granular tipo A que cumpla la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías INV-320-13.

La subbase granular deberá tener como mínimo un espesor de 15 cm en todo el ancho de la sección transversal. Si la conformación de la superficie existente no permite configurar el bombeo en las tangentes (-2%) y el peralte y su transición en las curvas (2%) ésta labor se deberá ejecutar 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).
Las funciones de la subbase son:

- Constituir una superficie de trabajo limpia para construir sobre ella los elementos restantes que conforman el pavimento con Placa – Huella.
- Incrementar la rigidez de la superficie de apoyo de las placas-huellas, de la piedra pegada y de las bermas-cunetas.

6.5. Módulos de Construcción Placa – Huella y Riostra

Considerando que el conjunto de placa – huella y riostras se funden monolíticamente, se dice que son un módulo de 3 metros debido a que estructuralmente trabajan en conjunto. Tanto las placas – huella como las riostras se deben construir en concreto reforzado.

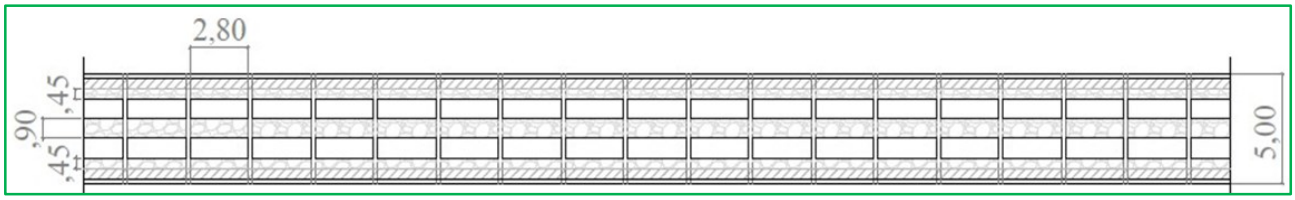


Ilustración 11. Vista en planta de los módulos de construcción pavimento placa - huella

Como se observa en la figura anterior, la sección típica de construcción de pavimentos con el sistema de placa huella consta de una franja central en piedra pegada de 90 cm de ancho, la cual esta confinada longitudinalmente en ambos extremos por una losa de concreto de 90cm de ancho y 2.80 m de largo. Posteriormente cuando ya se tiene las placas huellas

conformadas, se construye en los costados externos de cada placa una sección de piedra pegada de 45 cm. Finalmente cada uno de los extremos laterales de la vía se debe confinar mediante la berma – cuneta prevista, cuyo ancho es de 70 cm incluidos los 15 cm de ancho del bordillo.

6.6. Placa-Huella

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase granular en la que el 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.

Dentro de las principales funciones de la placa – huella está soportar los esfuerzos que se producen por el paso de los ejes de los vehículos, así como canalizar la circulación vehicular permitiendo sustituir en las franjas de la sección transversal no sometidas al paso de los ejes un material relativamente costoso como es el concreto simple por uno más económico como lo es la piedra pegada (concreto ciclópeo), lo que genera una menor inversión.

- 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.
- El ancho de la placa - huella en tangente es de noventa centímetros (0,90 m).
- El espesor de la placas - huella es de quince centímetros (0,15 m), el cual obedece a
- los resultados obtenidos en las diferentes modelaciones mediante las cuales se estructuro la Guía de Diseño del INVÍAS, donde se consideró los espesores de recubrimiento de las barras de acero y la facilidad constructiva.

6.7. Riostras

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.

La función de la riostra es exclusivamente de confinamiento transversal y longitudinal de los elementos del pavimento que se construyen sobre la subbase, como son las placas-huella, la piedra pegada, la berma-cuneta y el bordillo. Dado que el acero de refuerzo de la placa-huella anterior pasa a través de la riostra y se traslapa con el acero de refuerzo de la placa-huella siguiente son estas placas-huella, que están totalmente apoyadas sobre la subbase, las que sostienen la riostra por lo que la rigidez de su apoyo resulta irrelevante.

- El ancho de la riostra es de veinte centímetros (0,20 m).
- La longitud máxima de la riostra deberá ser de 6.80 m.
- Para el acero de refuerzo longitudinal se requieren 4 varillas numero 4 (4#4).
- Para le acero de refuerzo transversal o de los estribos se requiere 1 varilla numero 2

cada 15 cm (1#2@0.15).

- El recubrimiento de las varillas longitudinales #4 es de 7.5 cm en la parte inferior y de 4.0 cm en la parte superior.
- El peralte de la riostra es de treinta centímetros (0,30 m). Dicha riostra se apoya totalmente sobre la superficie existente, es decir en la superficie sobre la que se construye la subbase granular, previa la colocación de un solado de limpieza de tres centímetros (0,03 m) de espesor

Lo anterior implica

- Excavar, en la subbase, una zanja transversal de veinte centímetros (0,20 m) de ancho y dieciocho centímetros (0,18 m) de profundidad en la sección donde se debe construir la riostra.
- Lo anterior se requiere para compensar la diferencia entre el peralte de la riostra + el solado de limpieza y el espesor de la placa-huella (0,33 m - 0,15 m) = 0,18 m.
- Se aclara que la subbase granular se extiende, se conforma y se compacta en toda su longitud y ancho y posteriormente se procede a conformar las zanjas transversales para construir las riostras.
- La longitud de la riostra es variable y se ajusta al ancho de la sección transversal sea ésta en tangente, en curva, en transición del sobreanchos o en Zona de Cruce.

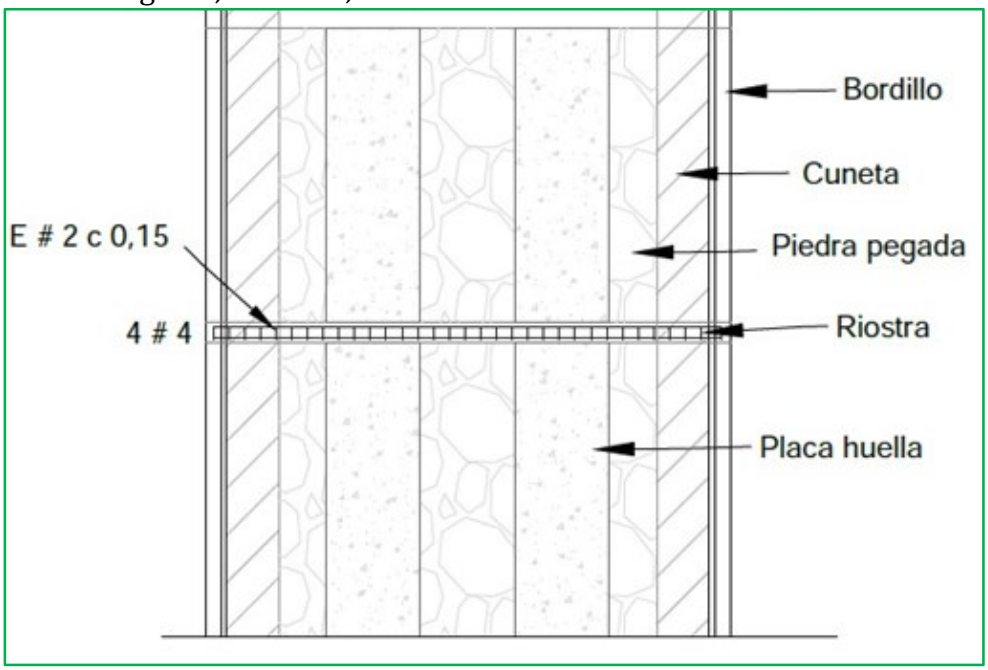


Ilustración 12. Vista en planta de acero de refuerzo de la riostra placa Huella

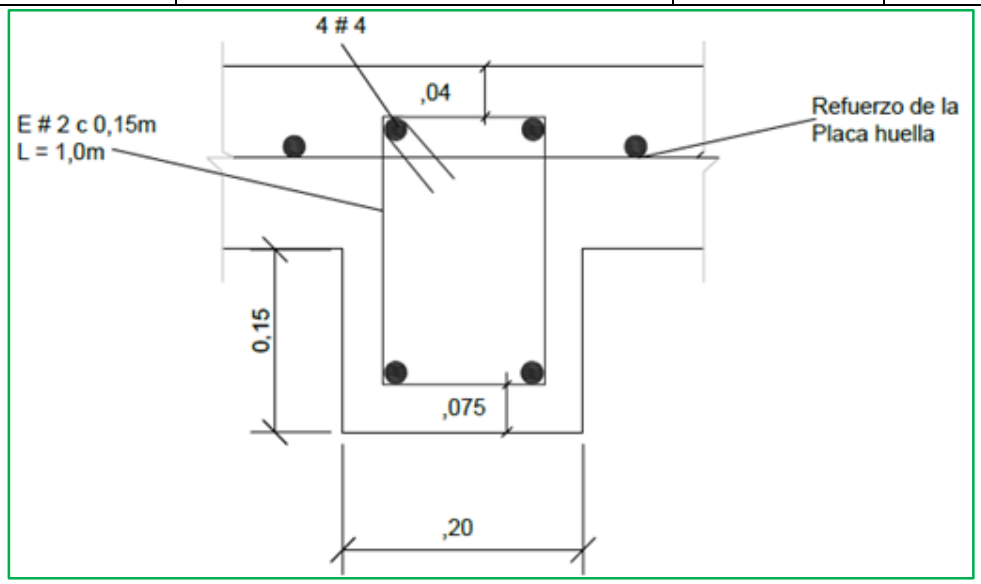


Ilustración 13. Corte transversal con detalles constructivos de la riostra placa - huella

6.8. Resistencia y especificaciones técnicas del concreto para placa - huella

Considerando que los pavimentos construidos con el sistema de placa – huella implican una inversión importante, durante la ejecución de la obra se debe garantizar la producción de un concreto de buena calidad, que cumpla con los estándares de las Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras del INVÍAS, según el artículo INV – 500 – 13.

Dentro de las principales características que debe cumplir el concreto se destacan las siguientes:

- La resistencia a la compresión mínima solicitada para la construcción de este tipo de estructuras es de f 'c = 210 Kg/cm2 (21 MPa) a los 28 días de fraguado.
- El tamaño máximo del agregado grueso debe ser de 38 mm (Tmax = 38 mm).
- El asentamiento máximo permitido es de 5 cm (Norma de ensayo INV-404-13).

Ahora bien, si la producción del concreto se realiza en la obra, se deberá establecer un protocolo de control de calidad básico, el cual consistente en utilizar en la vía una mezcladora de un saco de cemento, verificar la limpieza de los agregados mediante inspección visual rechazando los que contengan limos, arcillas o materia orgánica. Así mismo se recomienda dosificar por volumen haciendo uso de cajones de madera correctamente dimensionados tanto para el agregado grueso como para el agregado fino y ejercer un permanente control del asentamiento de la mezcla, garantizando una resistencia a la compresión a los 28 días def 'c = 210 kg /cm2 (21 MPa).

6.9. Características y dimensiones del acero de refuerzo de la placa – huella.

Tomando como referencia las modelaciones realizadas para los distintos tipos de estructuras

analizadas en la Guía para el Diseño de Pavimentos con el Sistema de Placa – Huella, mediante los cuales se optimizo las dimensiones y espesores de la placa huella, así como delas franjas de piedra pegada, se hacen las siguientes recomendaciones para la configuración del acero de refuerzo de la placa – huella:

- El tipo de acero a utilizar deberá tener una resistencia a la fluencia de 60.000 psi.
- El acero de refuerzo deberá ser de tipo corrugado.
- Para el acero de refuerzo longitudinal se recomienda una varilla numero 4 cada quincecentímetros (1#4@0.15).
- En cuanto al acero de refuerzo transversal se recomienda una varilla numero 2 cadatreinta centímetros (1#2@0.30).
- La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 deberá ser mínimo de 60 cm.
- La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 deberá ser mínimo de 60 cm.

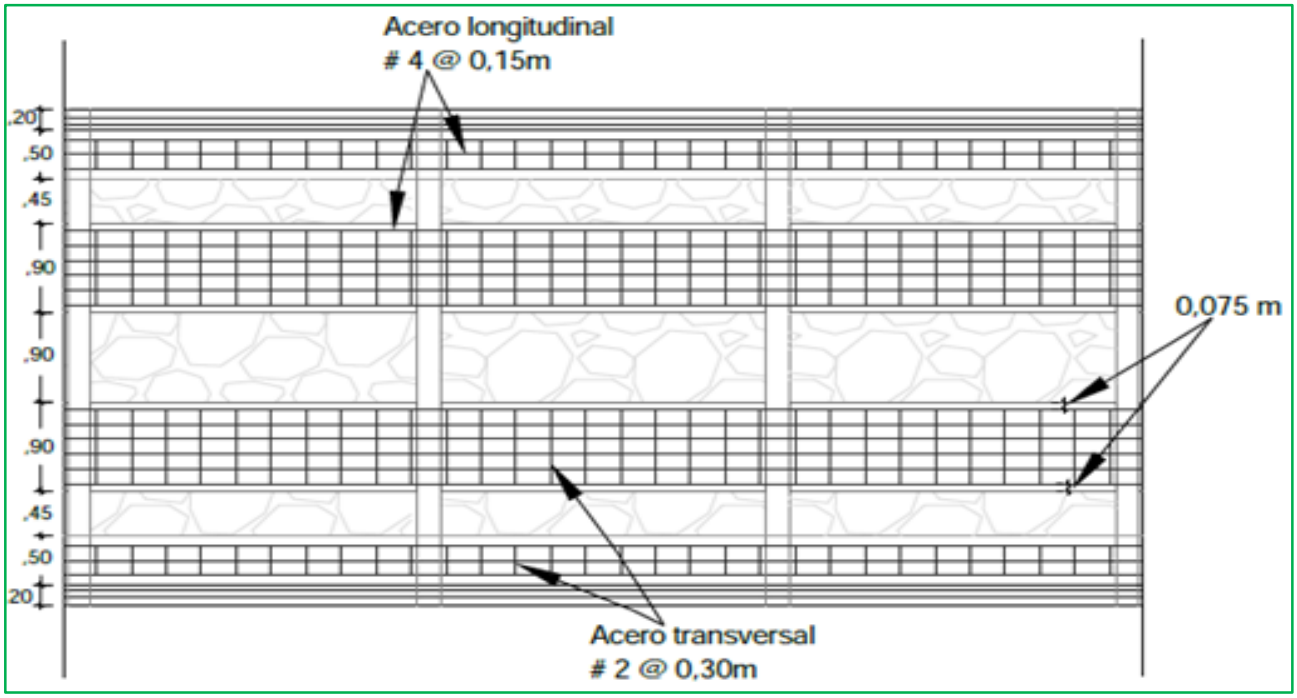


Ilustración 14. Corte transversal de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella.

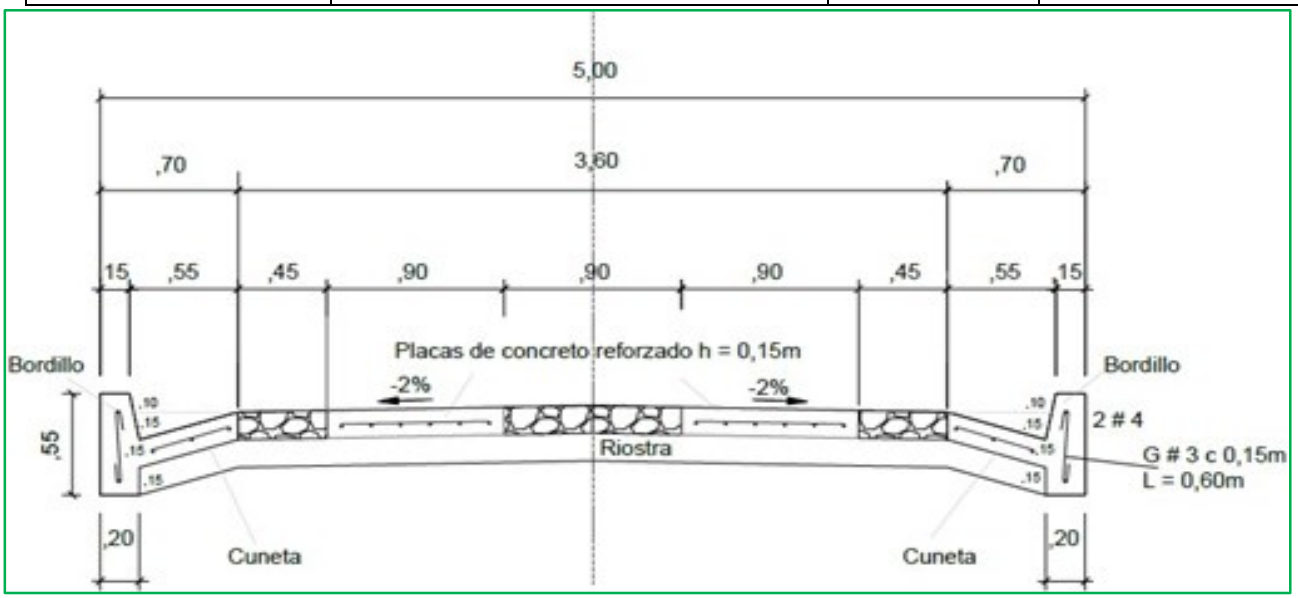


Ilustración 15 Vista en planta de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella.

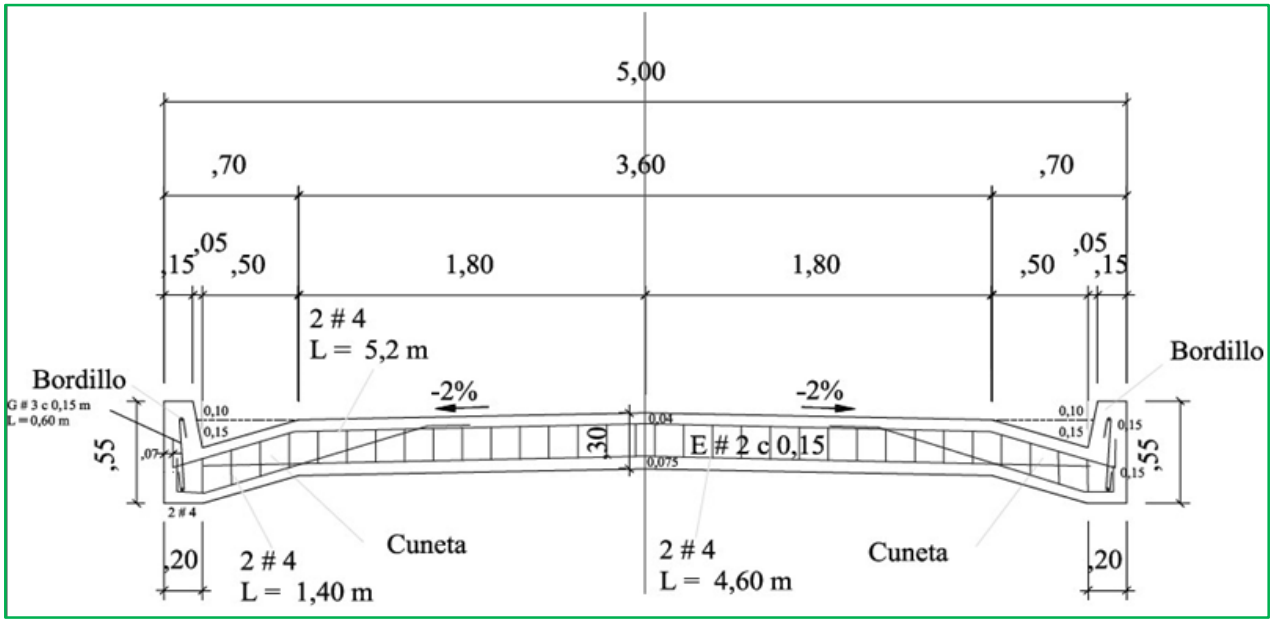


Ilustración 16. Corte transversal con longitudes y posición de acero de refuerzo en la placa - huella.

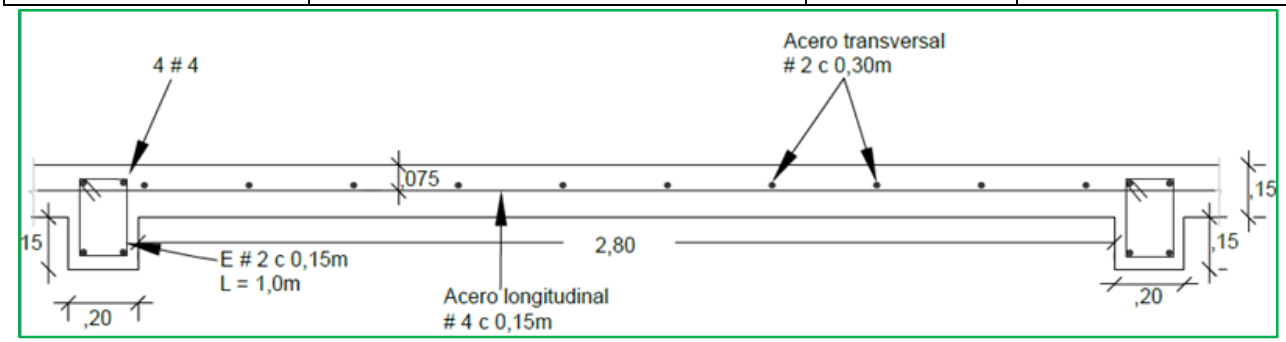


Ilustración 17. Corte longitudinal de distribución de acero de refuerzo en la placa - huella.

6.10. Características y Especificaciones Técnicas de la Piedra Pegada

Respecto de las franjas de piedra pegada, donde el material utilizado para su conformación resulta similar a un concreto ciclópeo, se recomienda seguir lo dispuesto en el artículo INV-630- 13 de las Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras del INVÍAS, puesto que dichos materiales también estarán expuestos a la acción del clima y el desgaste por la acción de tránsito vehicular.

En cuanto a las características técnicas de la piedra pegada, se destacan las siguientes:

- La piedra pegada es una capa de concreto ciclópeo con espesor de quince centímetros (0,15 m). Se recomienda que esta sea de canto rodado, lo que le permite tener una mayor resistencia al desgaste ante el efecto abrasivo de las ruedas de los vehículos.

- La piedra pegada conformada por un concreto ciclópeo, está compuesto por 60%de concreto simple y 40% de agregado pétreo.

- El tamaño máximo de la piedra pegada debe estar entre 8 cm y 12 cm.

- La resistencia a la compresión mínima solicitada para la construcción de este tipo de estructuras es de f 'c = 210 Kg/cm2 (21 MPa) a los 28 días de fraguado.

- El tamaño máximo del agregado grueso debe ser de 38 mm (Tmax = 38 mm).

- asentamiento máximo permitido es de 5 cm (Norma de ensayo INV-404-13).

Dentro de las funciones de la piedra pegada se destacan las siguientes:

- Disminuir los costos de construcción del pavimento ya que es un material menos costoso que el concreto simple.

- Inducir la canalización del tránsito dado que la alta rugosidad que presenta la piedra pegada desestimula a los conductores a circular por fuera de las placas - huella.
- Contribuir a la estética del camino.

- Para la colocación de la piedra pegada se recomienda colocar una capa de concreto simple de 5cm directamente sobre la subbase granular, previo a la fundida y fraguado de la placa – huella, la riostra y la berma – cuneta que permitan el confinamiento.

- Posteriormente se debe colocar el material pétreo manualmente, generando una distribución uniforme y garantizando que la proporción de 60% de concreto simple y 40% de agregado pétreo se cumpla.

6.11. Berma – cuneta y bordillo

La berma – cuneta y el bordillo constituyen elementos de drenaje superficial, lo cuales deben ser fundidos monolíticamente en concreto reforzado en secciones dilatadas o articuladas estructuralmente con la riostra.

Dentro de las funciones de la piedra pegada se destacan las siguientes:

- Servir como franja de estacionamiento temporal en el caso de que un vehículo lo requiera por fallas totalmente mecánicas u otra causa de fuerza mayor permitiendo que el flujo vehicular no se interrumpa.

- Permitir la recolección de las aguas lluvias y conducirlas hasta las alcantarillas y aliviaderos para su evacuación.

- Brindar confinamiento a la subbase.

Es importante considerar que, dada la geometría de la vía, donde se tiene un ancho de la sección transversal típica de 5.0 m, existe la posibilidad de que la berma – cuneta sea transitada por los vehículos, por lo que se hace necesario que el espesor, el acero de refuerzo requerido y las características de los materiales a utilizar para su construcción sean de características similares a las de la placa – huella.

A continuación, se presentan los esquemas de planta y perfil de los detalles constructivos de la de la berma – cuneta:

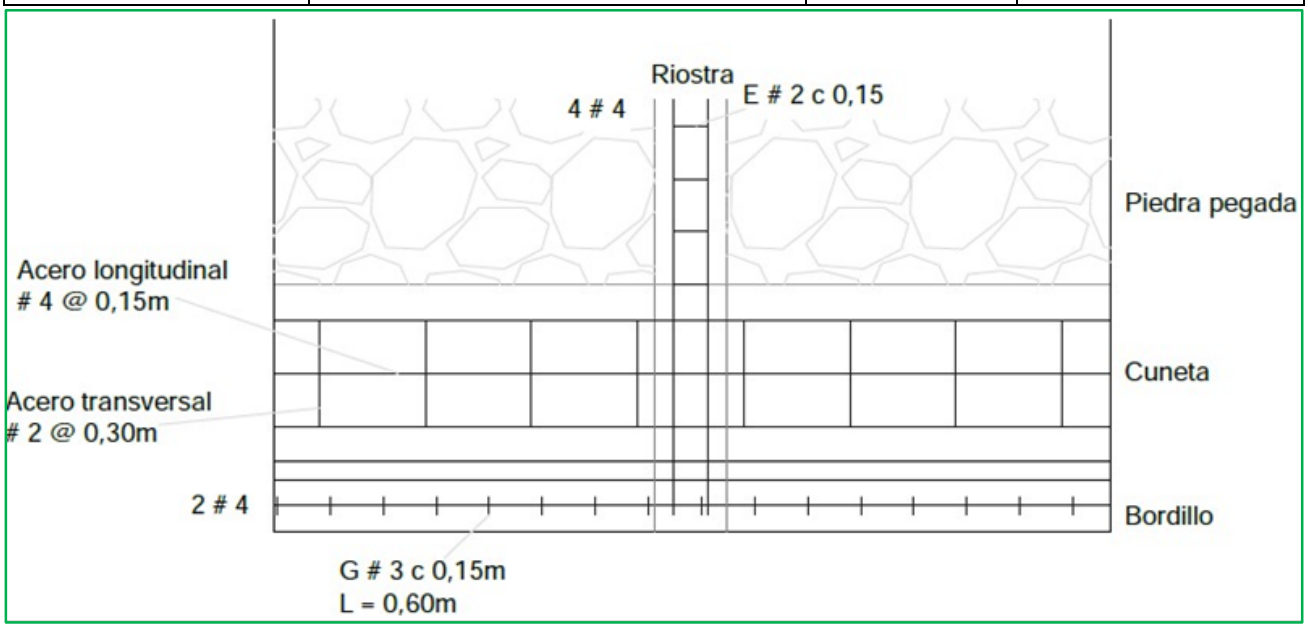


Ilustración 18. Vista en planta con detalles constructivos de la berma - cuneta en la placa - huella.

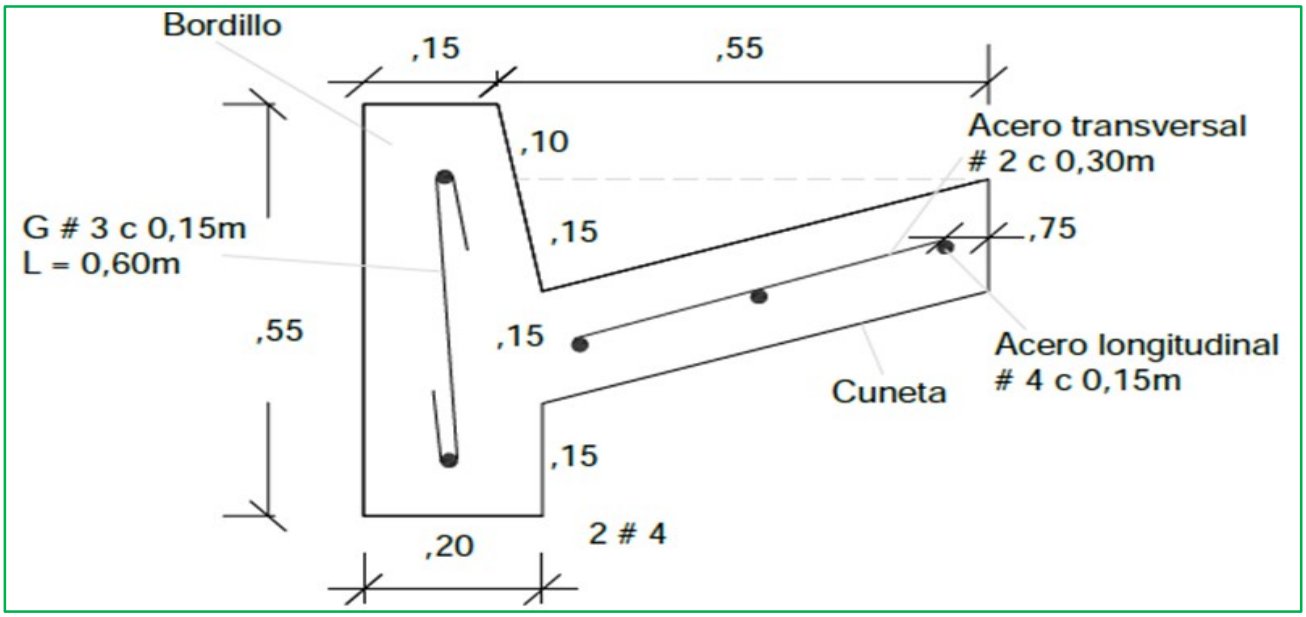


Ilustración 19. Corte transversal con detalles constructivos de la berma - cuneta en la placa - huella.

6.12. Juntas constructivas

Considerando que los pavimentos construidos con el sistema de placa – huella deben funcionar como una estructura monolítica, se debe garantizar la adecuada transmisión de esfuerzos y deformaciones en cada uno de los elementos que la conforman. Atendiendo a

este requerimiento, a continuación, se muestran algunos esquemas donde se sugiere algunas recomendaciones constructivas para llevar a cabo los traslapos entre barras de acero:

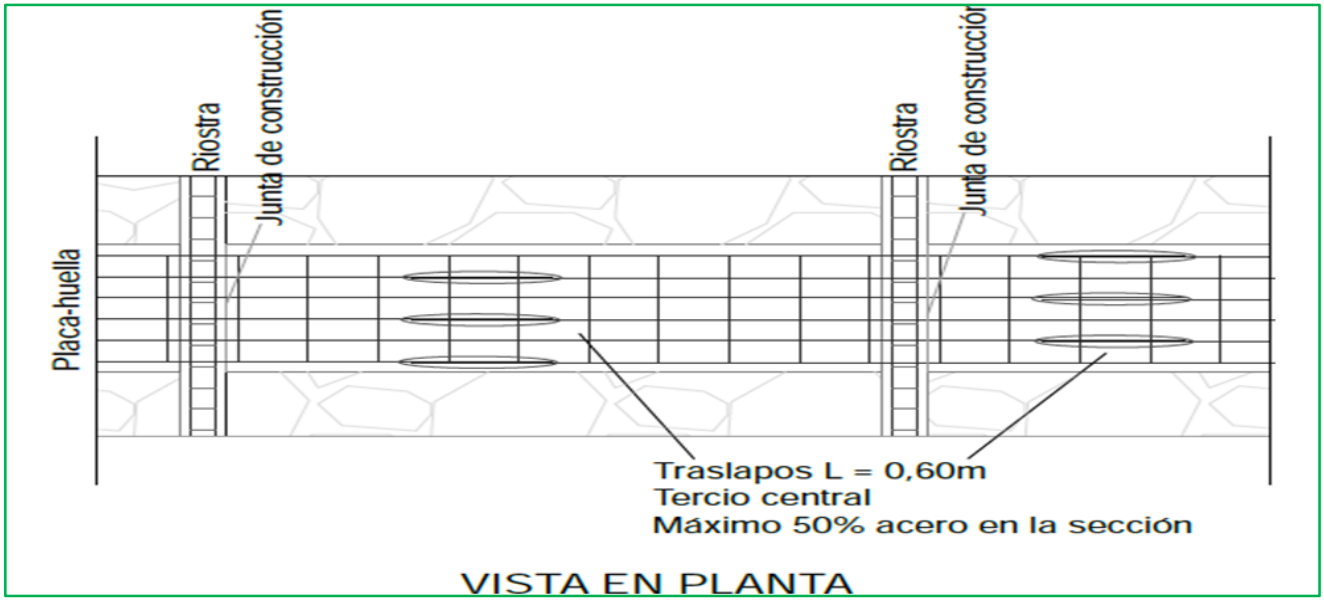


Ilustración 20. Detalle de la junta transversal de construcción en la placa - huella.

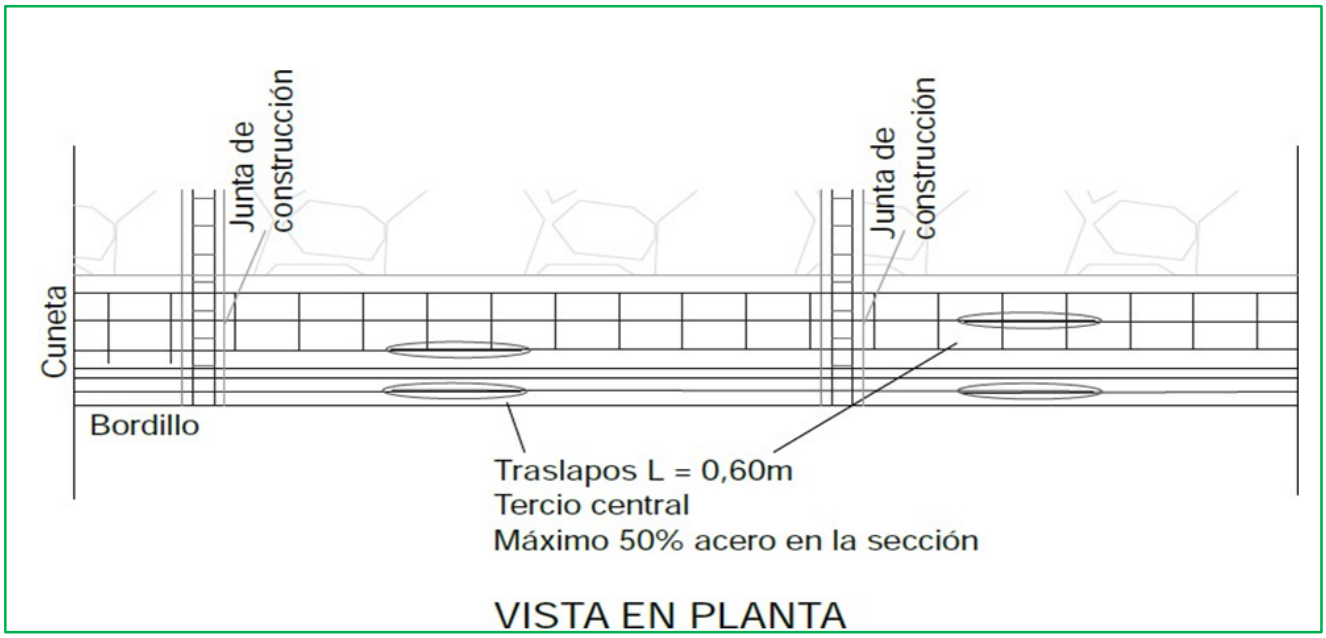


Ilustración 21. Detalle de la junta transversal de construcción en berma - cuneta la placa - huella

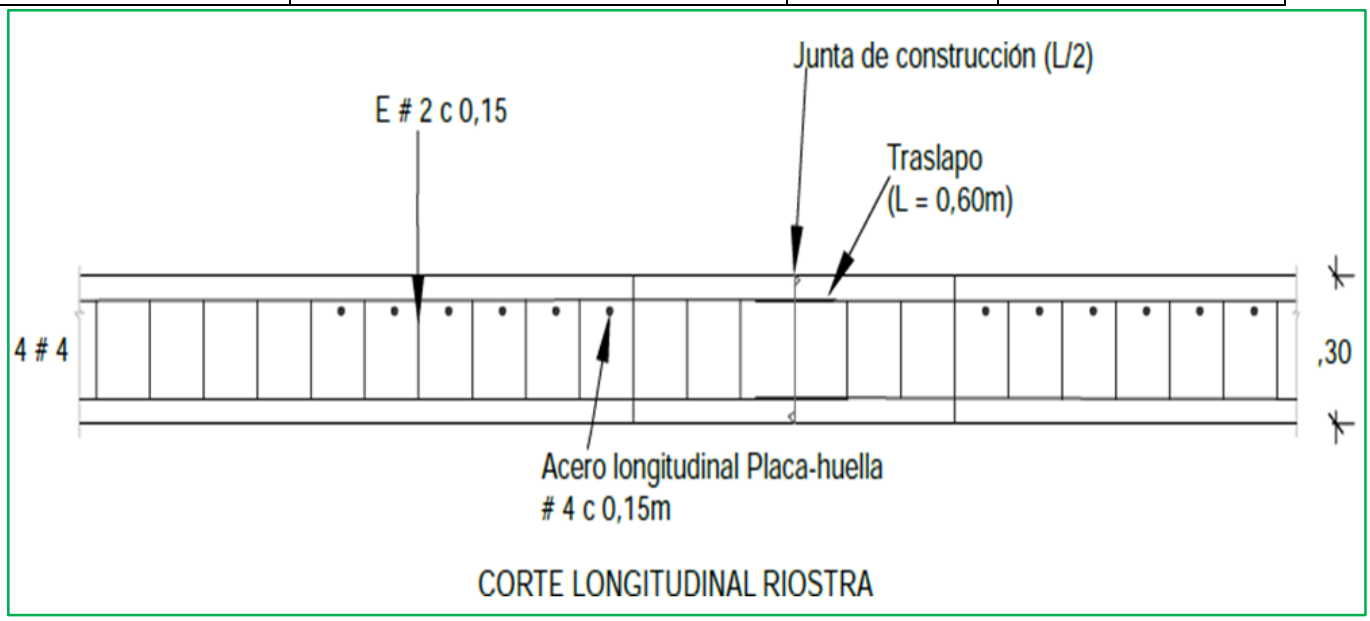


Ilustración 22. Detalle de la junta transversal de construcción en berma - cuneta la placa - huella

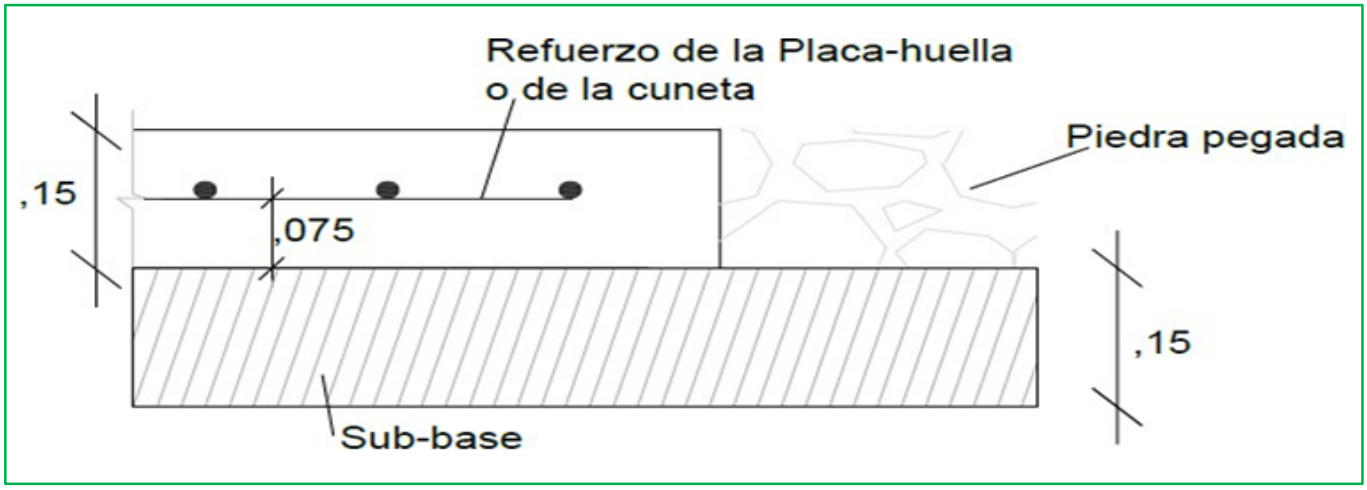


Ilustración 23. Detalle de junta longitudinal entre placa – huella, riostra o berma – cuneta y piedra pegada de la placa huella.

7. CONCLUSIONE S Y OBSERVACIONES

- Analizando los resultados de los ensayos de laboratorio desarrollados para la caracterización del suelo de subrasante existente en el tramo a diseñar, se encontró que la capacidad portante del suelo de fundación es superior a un CBR de 3.0%, con lo cual no se hace necesario el planteamiento de alternativas de mejoramiento o estabilización de dichos suelos.

- Respecto del tránsito utilizado para el diseño de la estructura de pavimento en placa –

huella es importante resaltar que, no resulta indispensable elaborar un estudio de tránsito debido a que el mecanismo de falla de dichos pavimentos ocurre cuando las secciones de losas en concreto reforzado están expuestas a cargas que superan la resistencia ultima de diseño y no por repeticiones de carga, de tal forma que el objetivo del aforo vehicular es obtener la demanda del tramo de interés yasí mismo los horarios de mayor afluencia vehicular.

- Analizando los resultados obtenidos en el aforo vehicular, para la vía Tabacal - La Cordillera se tiene que aproximadamente el 66% de los usuarios del sector vial en estudio transitan en automóvil o motocicleta. Otro 11% está compuesto por camiones tipo C2P Y C2G y el 23% restante lo conforman buses y vehículos de tracción animal. Por los resultados anteriores lo relevante al momento de plantear una alternativa de pavimentación con placa – huella es la selección del vehículo de diseño, puesto que de él depende el peso y configuración del eje de referencia y la adecuación geométrica con la que se debe construir a la vía para que dicho vehículo pueda circular adecuadamente. Atendiendoa las recomendaciones técnicas y razones constructivas expuestas en la Guía de Diseño para Pavimentos con Placa – Huella, para el presente proyecto se tomó como eje de referencia para el diseño estructural del pavimento el eje tándem de 22 toneladas de un camión tipo C-3.

- En cuanto al dimensionamiento de la estructura de pavimento en placa – huella es importante mencionar que una vez se estableció el vehículo de diseño y las características geotécnicas del tramo vial de interés, se encontró que los lineamientosy criterios de diseño con los cuales se estructuro la Guía para Diseño de Pavimentoscon Placa – Huella del INVÍAS versión 2015, resultan apropiados para las características del proyecto, por lo que la estructura de pavimentación propuesta es aplicable y adecuada para el presente proyecto.

  La sección transversal típica propuesta como alternativa de pavimentación es la siguiente:

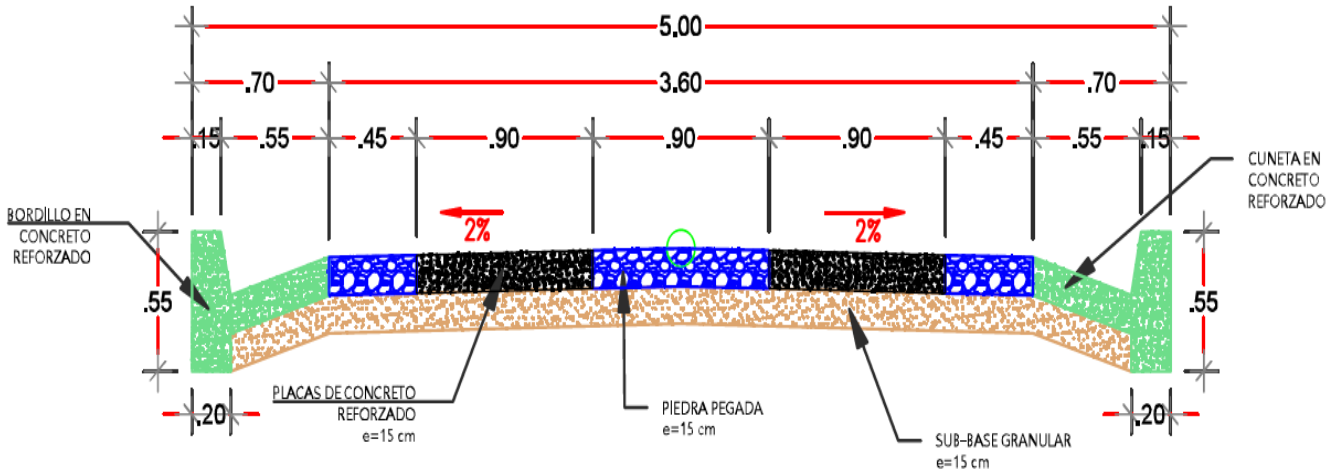


Ilustración 24. Sección Transversal típica del pavimento placa – huella.

- Durante el proceso constructivo se debe garantizar el cumplimiento de las condiciones mínimas de diseño contempladas en el presente informe, dentro de las cuales se destacan las siguientes:

1. La capacidad portante de la subrasante en términos del ensayo de CBR debe ser de CBR ≥ 3.0%.

2. El espesor mínimo de subbase granular por colocar debe ser de 15 cm.

3. La subrasante y la subbase granular deben ser debidamente compactadas hasta alcanzar la resistencia se diseñó.

4. Se debe garantizar el confinamiento de la subbase granular mediante la riostray el bordillo.

5. Las cuantías de acero de refuerzo propuestas corresponden a la cuantía de acero mínima requerida según el diseño, de tal manera que una variación en los espaciamientos, diámetro o longitud de las barras puede dar lugar a fallas estructurales.

6. Las juntas de construcción de la placa-huella deben hacerse a un tercio de la longitud de la misma, medido desde la riostra y en ese punto se permite traslapo de máximo el 50% del refuerzo longitudinal.

7. La Junta de construcción de la riostra debe hacerse a 30 cm del punto donde termina la placa-huella, en este punto se permite traslapo de máximo el 50% del acero longitudinal.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guía para el Diseño de Pavimentos con Placa – Huella - INVÍAS Versión 2015.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVÍAS 2013



INGENIERO DISEÑADOR: YUBER HERNANDO HIGUITA HIUGITA

C.C: 1.017.210.348

Mat: 05202-328853 ANT

INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN DISEÑO VIAL E INGENIERIA DE PAVIMENTOS