Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y/O MEJORAMIENTO DE LAS VIAS URBANAS DE LAS COMUNAS 2 Y 3, Y DE LAS VIAS RURALES DE LOS CORREGIMIENTOS DE PUERTO VILLAMIZAR Y BUENA ESPERANZA, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA (PRESUPUESTO PARTICIPATIVO).

DOCUMENTO DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA
CASCO URBANO CORREGIMIENTO PUERTO VILLAMIZAR

INGENIERO
J. HERNANDO GARCIA J.
CONSULTOR

JULIO DE 2025

2025

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

INTRODUCCION

Las vías son focos de desarrollo, tanto social como turístico, de toda región o sector. Su estado influye notoriamente en la calidad de vida de sus pobladores y usuarios. Si el estado provee una vía en condiciones óptimas de uso, los habitantes del sector cambian y modernizan sus costumbres y la salud pública mejora, así como también se verá reflejada una, sustancial, mejora en la economía local.

El pavimento con Placa-huella constituye una solución para vías terciarias y urbanas de municipios pequeños y corregimientos, que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, camperos y motocicletas el mayor componente del flujo vehicular.

Este tipo de pavimento ofrece buenas condiciones de circulación durante un amplio periodo de servicio, no requiere acciones de mantenimiento diferentes a limpieza de cunetas y/o alcantarillas y rocería de las franjas del derecho de vía.

En relación a los pavimentos tradicionales su costo es, en el tiempo, menor en cuanto a la construcción y al mantenimiento, así como también ofrece la posibilidad de materiales y mano de obra locales.

Se presenta el desarrollo del diseño de pavimento en placa huella para VÍA DEL CASCO URBANO DEL CORREGIMIENTO PUERTO VILLAMIZAR, MUNICIPIO DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER, en el marco del desarrollo del contrato de obra “CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y/O MEJORAMIENTO DE LAS VIAS URBANAS DE LAS COMUNAS 2 Y 3, Y DE LAS VIAS RURALES DE LOS CORREGIMIENTOS DE PUERTO VILLAMIZAR Y BUENA ESPERANZA, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA (PRESUPUESTO PARTICIPATIVO).”.

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

1. DESCRIPCION DE LA OBRA A EJECUTAR

Se trata de la vía local del corregimiento Puerto Villamizar. El tramo a intervenir tiene aproximadamente 470.00 metros, con un ancho de calzada, así:

ABSCISA	ANCHO (m)
K0+000 – K0+070	5.00
K0+070 – K0+240	4.10
K0+240 – K0+370	5.00
K0+370 – K0+470	6.00 (Considerando las cunetas existentes en este tramo)

La vía no cuenta con obras de confinamiento, excepto en los últimos 100 metros, los cuales tienen cuneta en ambos bordes.

El mejoramiento propuesto es con pavimento en placa huella

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estructura de pavimento en placa huella para la **VÍA DEL CASCO URBANO DEL CORREGIMIENTO PUERTO VILLAMIZAR, MUNICIPIO DE CUCUTA, NORTE DE SANTANDER,** para un periodo de diseño de 15 años, partiendo del análisis de la variable tránsito y proyectando un CBR de diseño y con un módulo de rotura a la compresión del concreto en 21 MPa.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estimar el módulo resiliente y de reacción de la sub-rasante, k.

Determinar el espesor de la losa del pavimento en placa huella, de manera que garanticen el nivel de servicio adecuado a lo largo del período de diseño.

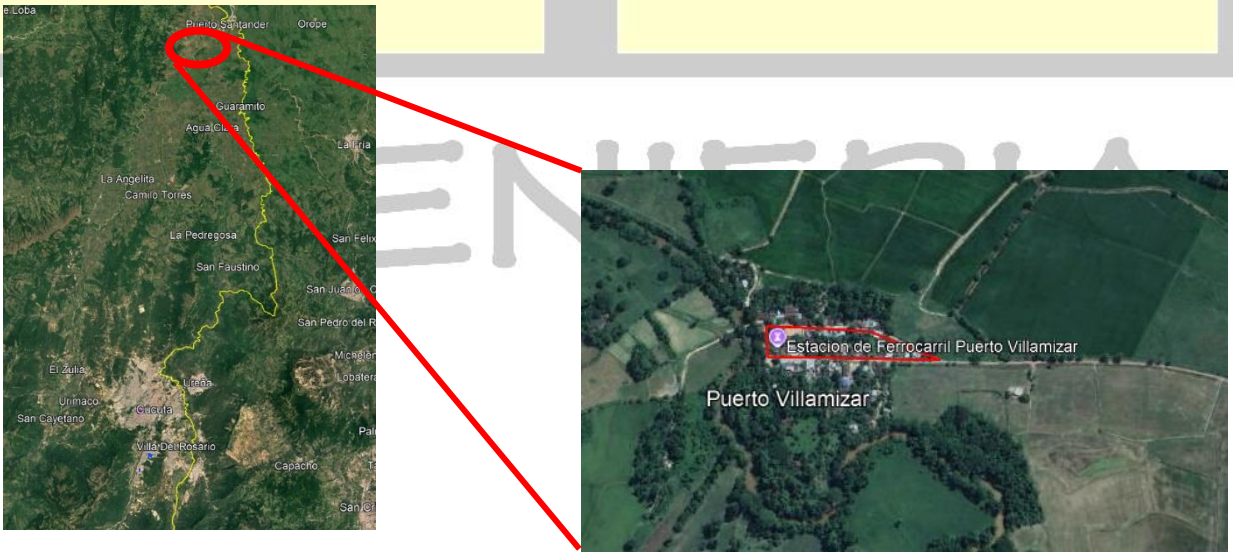
Recomendar los materiales y sus especificaciones técnicas para garantizar el cumplimiento de los diseños propuestos.

Recomendar la modulación del pavimento losas.

Emitir las recomendaciones constructivas para acometer y garantizar el normal desarrollo del proyecto.

3. LOCALIZACIÒN DEL PROYECTO

La vía se encuentra en el corregimiento Puerto Villamizar, el cual es una entidad territorial rural perteneciente al municipio de Cúcuta, en el departamento de Norte de Santander, Colombia. Se encuentra ubicado en la zona rural de Cúcuta y es uno de los diez corregimientos que conforman la zona rural del municipio.



La vía objeto del proyecto, es una vía local, con bajo volumen de tránsito.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación, se presenta la metodología general empleada en el ajuste al diseño de la estructura de pavimento:

Visita de especialistas. Se realizó una visita para observar, analizar y estudiar el proyecto dentro del entorno.

Diseño de estructura propuesta. Con base en la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales el MinTransporte, manteniendo la variable tránsito propuesta inicialmente, pero ajustando su valor teniendo en cuenta la operativa de la vía, su topografía agreste y su entorno turístico, así como también el módulo de rotura del concreto y el periodo de diseño.

5. TRÁNSITO DE DISEÑO

De acuerdo al documento de ESTUDIO DE TRANSITO, el valor de la variable N es de 50.000 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño y el vehículo de diseño es tipo C2.

6. CBR DE DISEÑO

De acuerdo a lo sugerido en el documento de informe geotécnico, el CBR fue definido mediante el DCP, ensayo insitu, y CBR de laboratorio con muestra remoldeada y ensayada después de cuatro días de inmersión (condiciones de laboratorio).

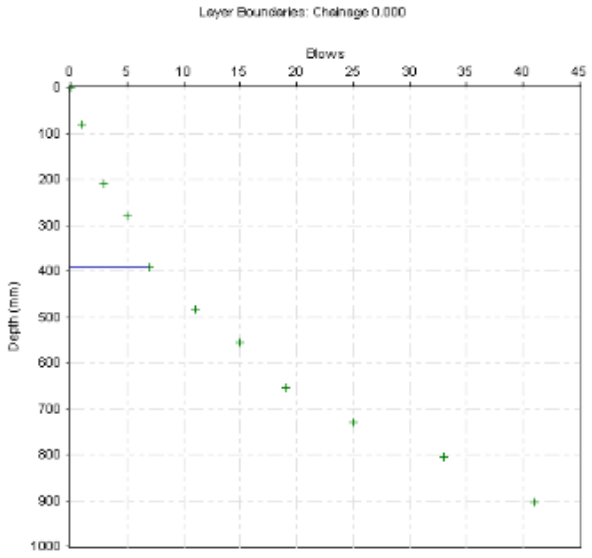
Para definir el CBR de diseño, se tomaron los datos de campo de los tres apiques: Dos con el procedimiento del DCP y uno con el ensayo de laboratorio, ensayos que se anexan a este documento. El resumen de los valores de soporte obtenidos:

UK DCP V3.1

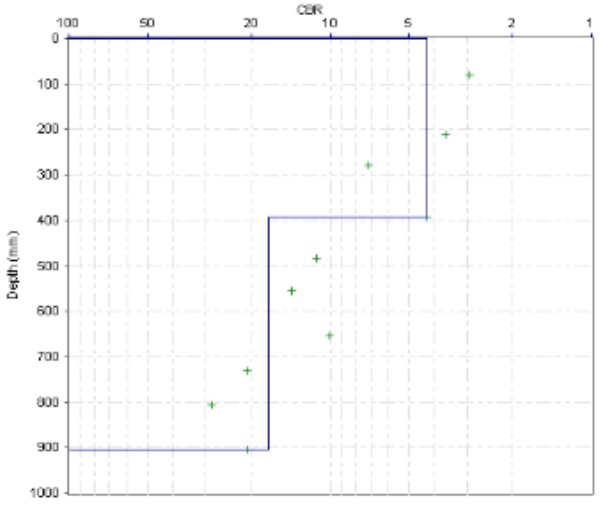
DCP Layer Strength Analysis Report

Project Name: Vias Rurales corregimiento Puerto Villamizar

Chainage (km):	0.000	Surface Type:	Unpaved
Direction:	0	Thickness (mm):	0
Location/Offset:	Lane 2	Base Type:	
Cone Angle:	60 degrees	Thickness (mm):	
Zero Error (mm):	0	Surface Moisture:	Moderate
Test Date:	30/05/2025	Moisture adjustment factor:	Not adjusted



Layer Boundaries Chart

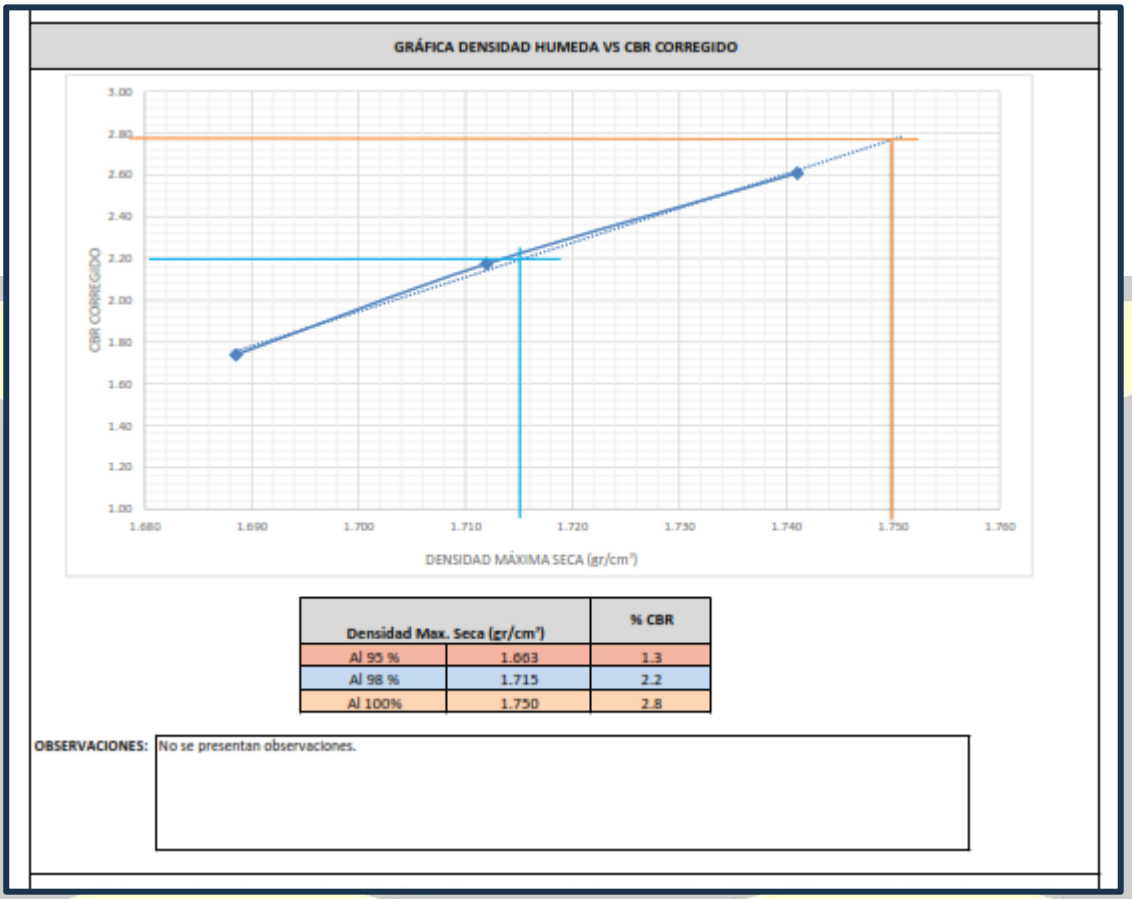


CBR Chart

Layer Properties

No.	Penetration Rate (mm/blow)	CBR (%)	Thickness (mm)	Depth to layer bottom (mm)	Position	Strength Coefficient	SN	SNC	SNP
1	56.14	4	393	393	Subgrade	--	--	--	--
2	15.06	17	512	905	Subgrade	--	--	--	--

CBR POR DCP, APIQUES 1 Y 2



Densidad Max. Seca (gr/cm³)		% CBR
Al 95 %	1.663	1.3
Al 98 %	1.715	2.2
Al 100%	1.750	2.8

OBSERVACIONES: No se presentan observaciones.

CBR LABORATORIO, MUESTRA REMOLDEADA

La placa huella definida en la cartilla del programa Colombia Rural, establece que el valor mínimo del CBR para el desarrollo del pavimento es de 3%.

Considerando: que, la placa huella se apoyará en una capa de material granular tipo subbase; que, los valores definidos por la prueba DCP (insitu) son mayores al mínimo exigido por los documentos normativos vigentes, que los valores obtenidos en la prueba de laboratorio son bajo condiciones extremas y no prevalecientes en la zona del proyecto; que, de acuerdo a exploraciones profundas históricas reportadas, el nivel freático se encuentra regularmente entre los 3 y 4 metros de profundidad; que la humedad reportada en los tres apiques (25%,

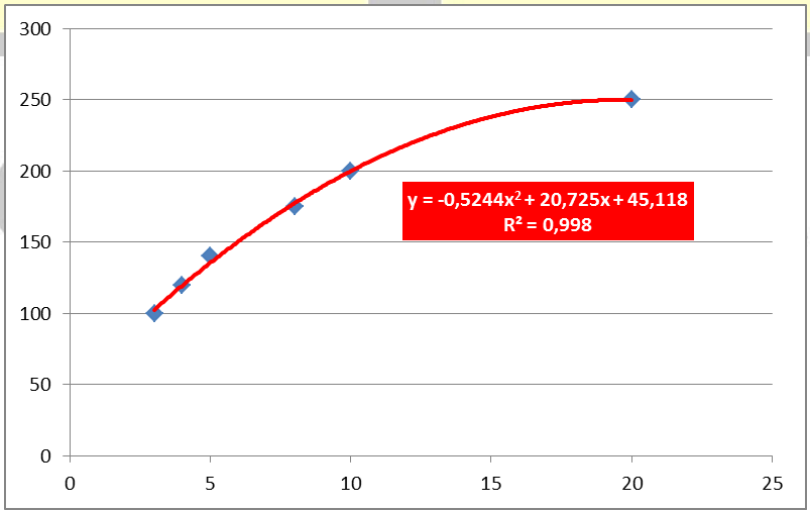
18% y 18%, respectivamente) se pueden considerar media y bajas para el tipo de suelo encontrado; que, el suelo encontrado es un CL, que corresponde a una arcilla de baja plasticidad; que, el comportamiento mecánico de este tipo de suelos es aceptable; que, considerar un resultado para realizar una alta inversión en realizar un mejoramiento haría inviable el proyecto per se; que, el reporte de campo del estudio de tránsito registra un TPD's de vehículos comerciales (C2P) menor a 1. Por lo anterior, se escoge los valores de CBR obtenidos en las pruebas de DCP.

En los datos obtenidos, el valor mínimo es CBR = 4%, por consiguiente, cualquier promedio o medida de tendencia central será mayor a 4%.

7. MODULO DE REACCION DE LA SUB-RASANTE

El módulo de reacción de la subrasante, k, ha sido estimado en función de su CBR, mediante la siguiente correlación:

CBR %	3	4	5	8	10	20
K (pci)	100	120	140	175	200	250



Para el valor de CBR de diseño, se tiene:

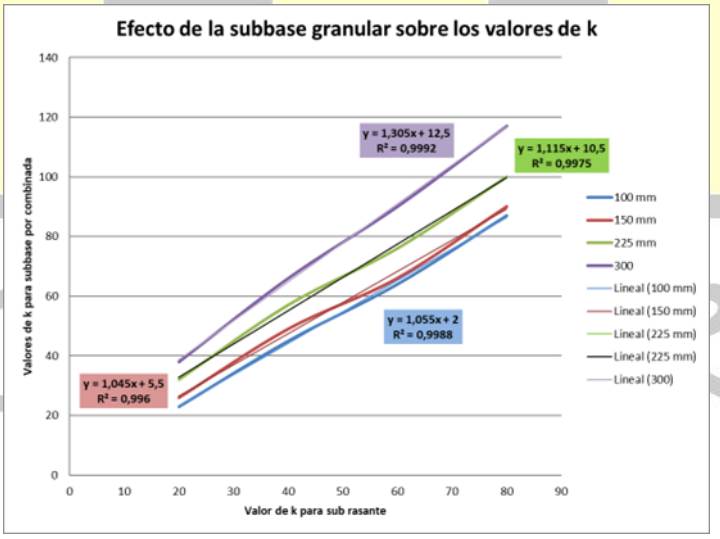
CBR = 4.0 %

K = 120 pci = 32.88 MPa/m

7.1 CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE CBR Y EL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE – K

De acuerdo a la correlación planteada, el módulo de reacción, K, de la sub-rasante adoptado para el análisis de la estructura de pavimento en placa huella es K = 32.88 MPa/m, el cual es un soporte bajo, pero dentro de lo mínimo requerido

La capacidad de soporte del suelo de fundación es baja, para el soporte de las losas de concreto se propone colocar una subbase granular, esta capa granular mejora la capacidad de soporte y previene el bombeo de las losas por efecto de la acción del agua de infiltración expulsando finos a través de las juntas o fisuras, ademas de ganar algo de soporte. Se presentan las opciones para distintos espesores de base granular.



La capa de subbase granular genera las siguientes correlaciones:

Espesor de subbase granular	Modelo	Valor estimado
100 mm	1,055*X + 2	36.69
150 mm	1,045*X + 5,5	39.85
225 mm	1,115*X + 10,5	47.16
300 mm	1,305*X + 12,5	55.41

Para una capa de subbase de 15 centímetros de espesor, la capacidad de soporte K combinado es:

Para un valor de K = 32.88 MPa/m, el K combinado = 39.85 MPa/m = 145.45 pci

De acuerdo a los cálculos anteriores, la capa de subbase granular de 15 centímetros como material de fundación, para ofrecer una superficie distribuida y prevenir el fenómeno de bombeo, incrementa el módulo de reacción de la sub-rasante en un 21%.

8. ALTERNATIVA DE LA ESTRUCTURA PARA PAVIMENTO EN PLACA HUELLA

Se presenta a continuacion, la alternativa de estructura de pavimento en placa huella para el tramo objeto del proyecto.

8.1 Sub-base

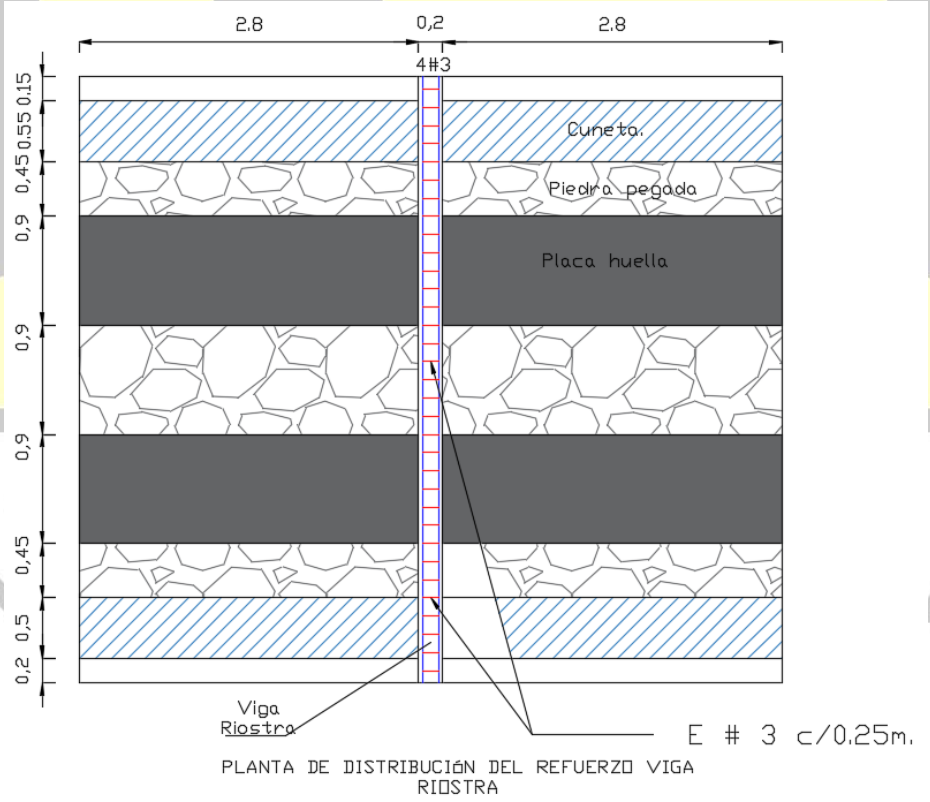
Una vez que a la superficie existente se le haya rectificado su perfil longitudinal, con pequeños rellenos, y se encuentre adecuadamente compactada se deberá extender, conformar y compactar una capa de sub-base que cumpla la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías. (INV320-22).

La sub-base 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%) ésta

tarea se deberá efectuar al momento de construir la sub-base. Lo anterior implica que la sub-base 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).

8.2 Placa-huella y riostra

En la Figura se puede observar un módulo de construcción que se repite. Este módulo está conformado por las placas-huella y la riostra. Se dice que es un módulo porque estructuralmente trabajan en conjunto.



Vista en planta

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

Tanto las placas-huella como las riostras se construyen en concreto reforzado. Las placas-huella y la riostra de un módulo se funden monolíticamente con las placas-huella y la riostra del módulo siguiente y así sucesivamente conformando lo que se podría denominar un pavimento de concreto con refuerzo continuo, confinado mediante riostras uniformemente espaciadas.

8.2.1 Placa-huella

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la sub-base 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 longitud máxima de la placa-huella es de tres metros (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 (3.00 m) y corresponde a la longitud del módulo en tangente.

- En las curvas horizontales la longitud de la placa-huella puede fluctuar entre un (1,00) metro y tres metros (3.00 m).

- El ancho de la placa-huella en tangente es de noventa centímetros (0,90 m).

- Dependiendo de su deflexión y radio de curvatura las curvas horizontales pueden requerir placas-huella de anchos mayores.

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

8.2.2 Riostra

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.

- El ancho de la riostra es de veinte centímetros (0,20 m).

- La altura de la riostra es de veinticinco centímetros (0,25 m). Dicha riostra se apoya totalmente sobre la superficie existente, es decir en la superficie sobre la que se construye la sub-base, previa la colocación de un solado de limpieza de tres centímetros (0,03 m) de espesor.

Lo anterior implica:

- Excavar, en la sub-base, una zanja transversal de veinte centímetros (0,20 m) de ancho y ocho centímetros (0,08 m) de profundidad en la sección donde se debe construir la riostra.

- Se aclara que la sub-base se extiende, se conforma y se compacta en toda su longitud y ancho y posteriormente se procede a construir las zanjas transversales para alojar las riostras.

8.3.3 Piedra pegada

La piedra pegada es una capa de concreto ciclópeo, clase G, con espesor total de quince centímetros (0,15 m).

INGENIERIA

8.3.4 Berma-cuneta y bordillo

La Berma-cuneta y el bordillo son elementos de drenaje superficial construidos en concreto reforzado, fundidos monolíticamente y articulados estructuralmente con la riostra.

La razón de fundir monolíticamente la berma-cuneta y el bordillo es evitar la junta de construcción que se formaría en la frontera entre ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura que permitiría la infiltración del agua que correría por la berma-cuneta con el consecuente deterioro del pavimento.

8.5 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO CON PLACA HUELLA

8.5.1 CONCRETO

El concreto usado para fundir todos los elementos que componen la placa huella deberán cumplir estrictamente las especificaciones del INVIAS, para este caso el artículo 500-22, en el cual se indican las características propias de los materiales para ser usados en la preparación de la mezcla correspondiente**.**

Para las huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas extremas el concreto será de una resistencia a la compresión de 21 MPa. Para las cunetas, el concreto se aplicará de 21 MPa o “cuneta de concreto fundida en sitio”. Para la franja central y sobre-anchos será una placa en concreto ciclópeo clase G.

8.5.2 ACERO DE REFUERZO

Refuerzo longitudinal:

Una varilla número 3 cada veinte centímetros (1#3@0,20).

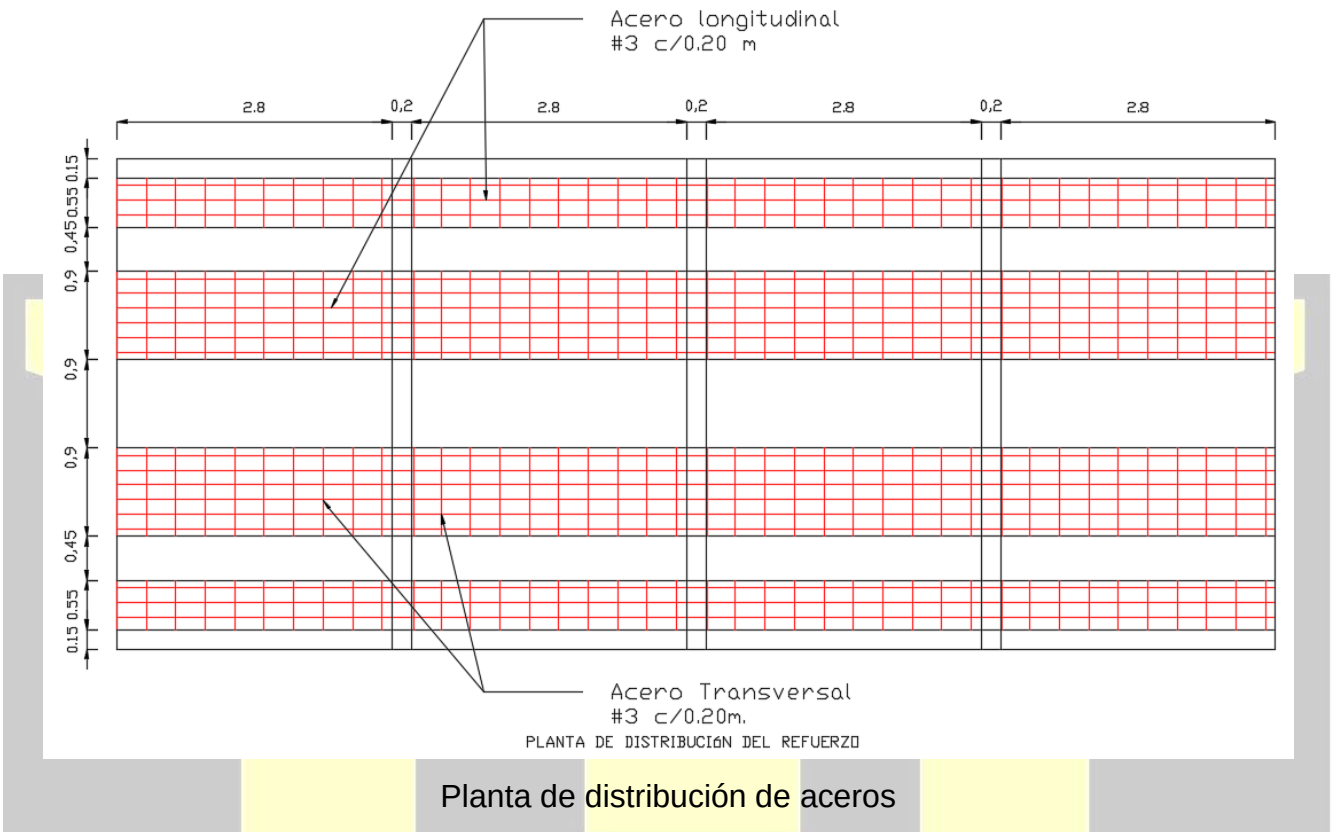
Refuerzo transversal:

Una varilla número 3 cada veinte centímetros (1#3@0,20).

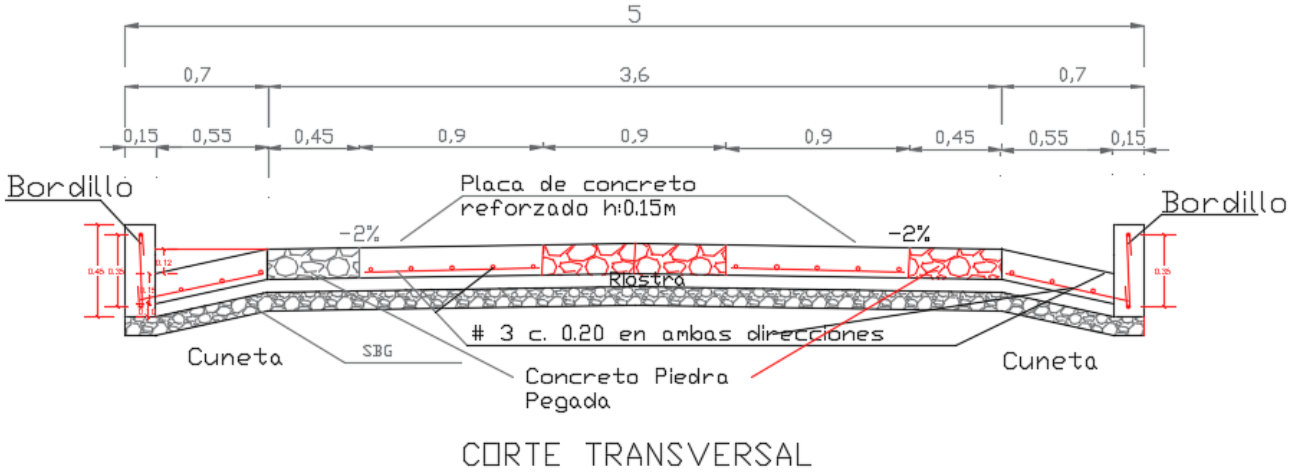
La longitud de traslapo de las varillas longitudinales #3 es de mínimo sesenta (60 cms) centímetros.

JOSE HERNANDO GARCIA JAIMES

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

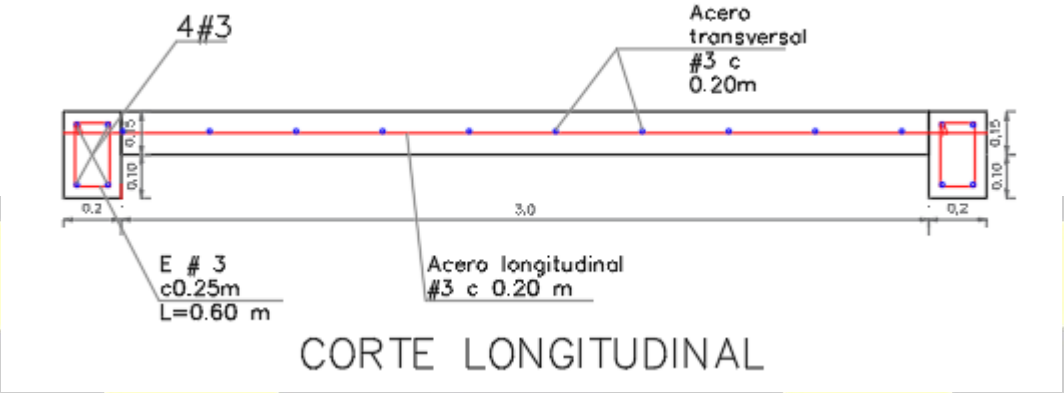


Planta de distribución de aceros



Corte transversal y detalle de aceros

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia



Corte longitudinal de aceros

ACERO EN LA RIOSTRA

Refuerzo Longitudinal:

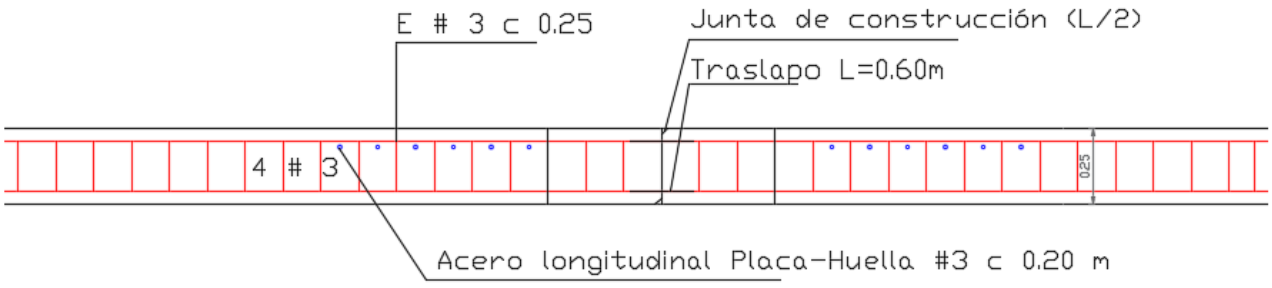
Cuatro varillas número 3 (4#3).

Estribos:

Una varilla número 3 cada 25 centímetros (1#3@0,25).

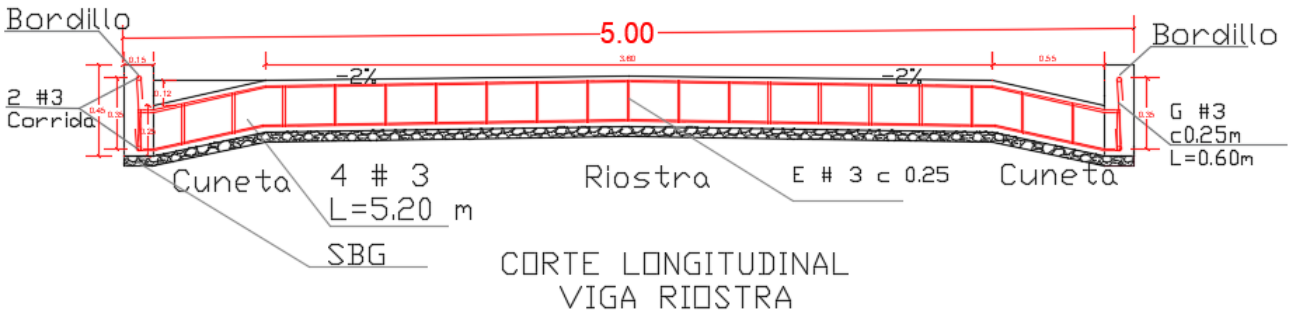
La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo sesenta (60,0 cm) centímetros.

El recubrimiento de las varillas longitudinales #3 es de siete coma cinco (0,075 m) centímetros en la parte inferior y de cuatro (0,04 m) centímetros en la parte superior.



CORTE TRANSVERSAL RIOSTRA
JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIóN EN LA RIOSTRA

Aceros en la riostra, corte transversal

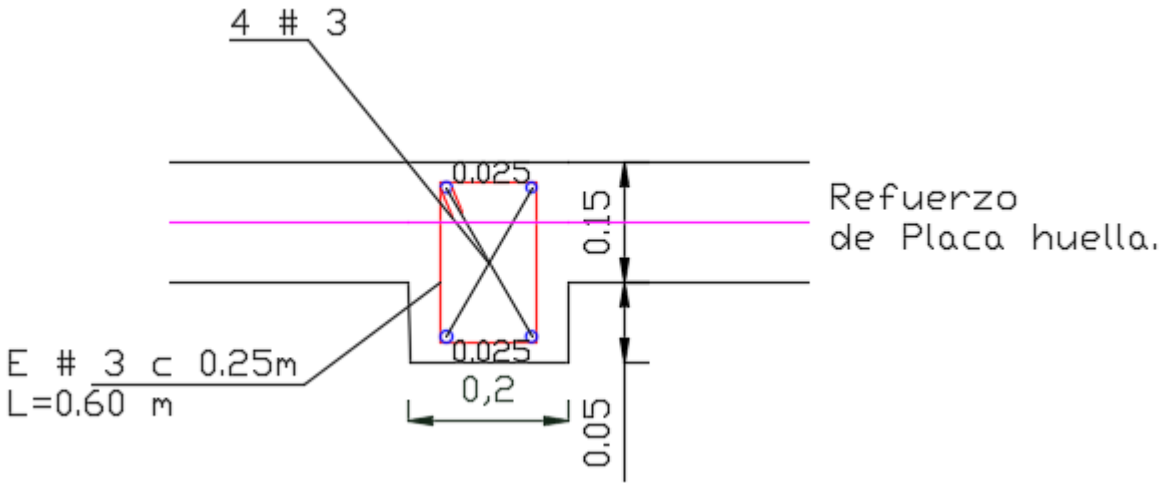


CORTE LONGITUDINAL
VIGA RIOSTRA

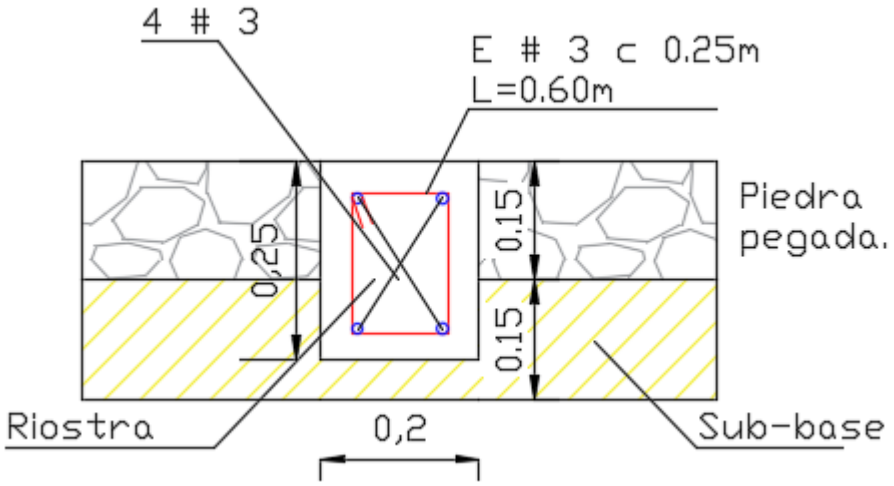
Corte longitudinal en la Riostra

INGENIERIA

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia



Corte transversal riostra, sección placa huella



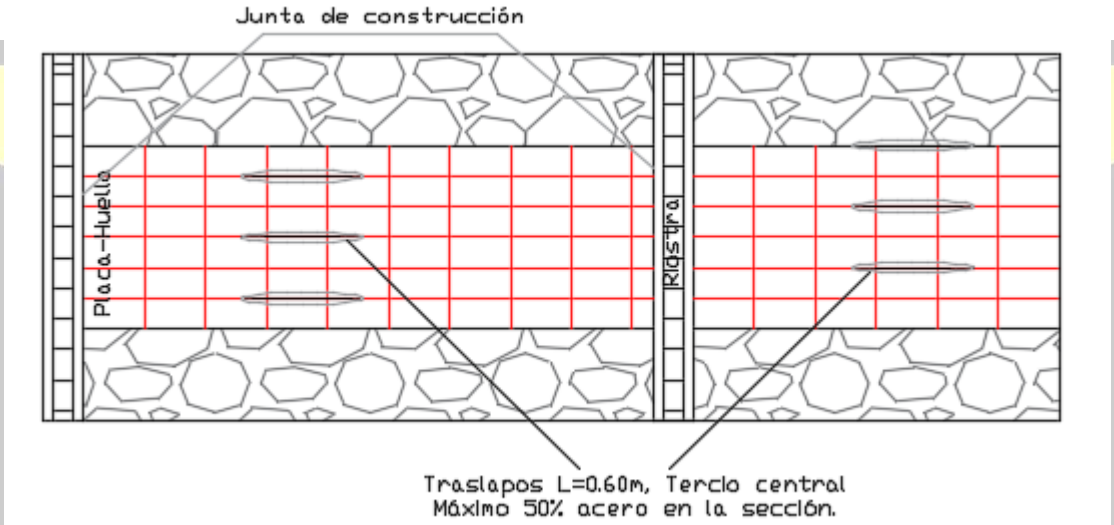
Corte transversal de riostra, detalle aceros en piedra pegada

INGENIERIA

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

8.5.3. JUNTAS

Es necesario establecer las juntas de construcción para garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos.

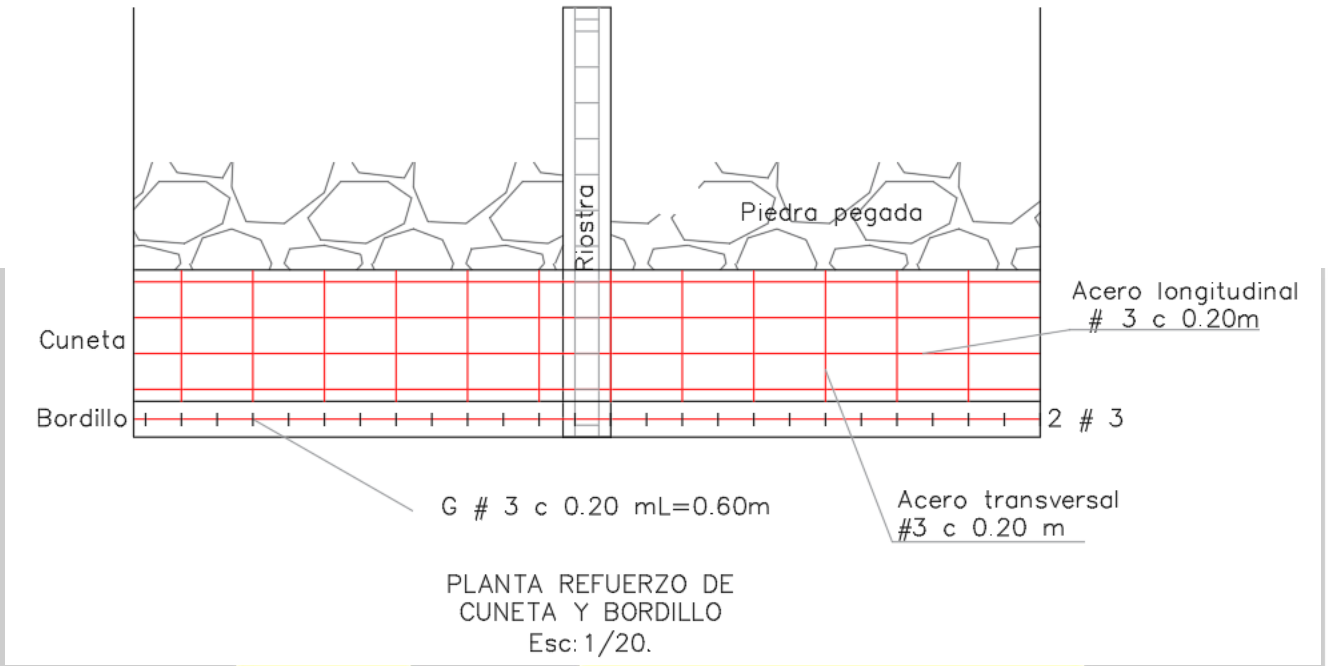


Junta transversal de construcción en la placa huella

8.5.4. BERMA – CUNETA Y BORDILLO

Aunque la solicitación sea eventual la berma-cuneta debe poder soportar los esfuerzos producidos por el vehículo de diseño y, por ende, el espesor, el refuerzo requerido y las características de los materiales deben ser similares a los utilizados en la placa-huella. La berma-cuneta tiene adosado el bordillo de confinamiento por lo que su geometría es sustancialmente diferente a la de la placa-huella.

INGENIERIA



Planta de los aceros en la berma – cuneta y bordillo

Corte transversal en berma-cuneta y bordillo

8.5.5 DISEÑO ESTRUCTURAL

A continuación, se transcribe lo desarrollado por Orbio, Orobio & Mosquera 2016, para el análisis del diseño estructural de la placa huella propuesta.

1. Descripción del modelo

Para efectos de poder determinar los esfuerzos y deformaciones que se presentan en cada uno de los elementos del pavimento en placa-huella se estructuró un modelo de elementos finitos de una Placa Huella con riostras separadas cada tres metros (Figura 1). El modelo

consistió en 7 módulos de 3.0 m cada uno, con el fin de representar la continuidad de la estructura, las cargas se ubicaron en el módulo central, el cual a su vez se dividió con diferentes nodos internos para poder determinar los esfuerzos máximos generados por el paso del vehículo de diseño. El modelo consideró que la placa huella se encuentra apoyada sobre una capa granular continua de soporte.



Figura 1. Geometría de placa huella de la especificación 500-1p

Los nodos del modelo se dividieron en tres tipos:

- *Nodos externos (1, 2, 3, 10, 11 y 12) los cuales tienen como función representar la continuidad de la estructura.*
- *Nodos internos-externos (9, 4) que son los extremos del tramo cargado*
- *Nodos Internos (8, 7, 6 y 5) los cuales corresponden a puntos de ubicación de las cargas.*

INGENIERIA

2. Determinación de la carga aplicada a la placa-huella

Con el fin de brindar un grado adecuado de confiabilidad al modelo planteado, las cargas fueron mayoradas para garantizar que los supuestos del modelo se cumplirán durante la fase de operación de la placa huella, teniendo en cuenta que las inversiones en pavimentación de

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

vías son cuantiosas y que se trata de la elaboración de una guía de diseño de aplicación general, se considera que el grado de confiabilidad debe ser alto.

2.1. Factores de mayoración de cargas

*Para obtener un grado de confiabilidad alto, la determinación de las cargas a considerar en el diseño de pavimentos con placa-huella debe minimizar las posibilidades de falla por incertidumbre en la estimación de cargas. Ante la poca información existente sobre factores de mayoración de cargas para el diseño de pavimentos reforzados, se toma la recomendación de Arango-Londoño [2]**,** que recomienda la utilización de los siguientes factores de mayoración:*

- *Factor de mayoración para carga muerta 1.50*
- *Factor de mayoración para carga viva 1.75*

2.2. 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 circule 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 (Figura 2). Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte [3], 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).

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

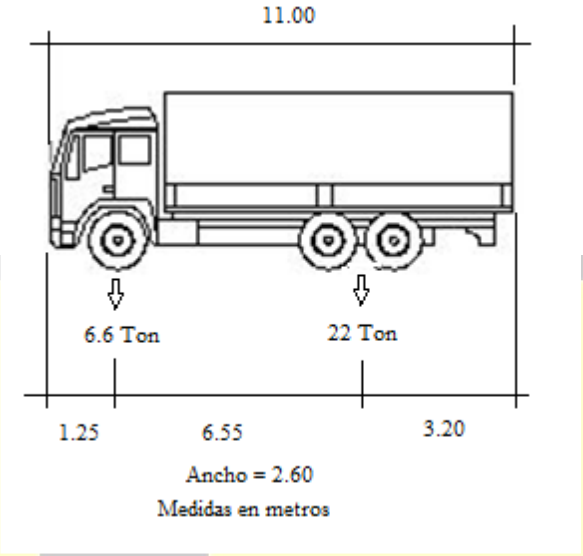


Figura 2. Pesos y dimensiones del vehículo de diseño – C3

El camión C3 en su eje trasero tiene un eje tándem compuesto por dos ejes simples de rueda doble, separados 1,2 metros entre centros, con el fin de representar de manera más real la aplicación de esta carga, se considera una distribución uniforme entre las ruedas del semieje, como se muestra en la Figura 3.

Con el factor de mayoración de carga viva definido anteriormente, la carga viva a utilizar para cada rueda corresponde a 96.3 kN (9,63 Ton), para efecto de simplicidad se adoptó una carga de diseño 95 kN para cada rueda del semieje tándem.

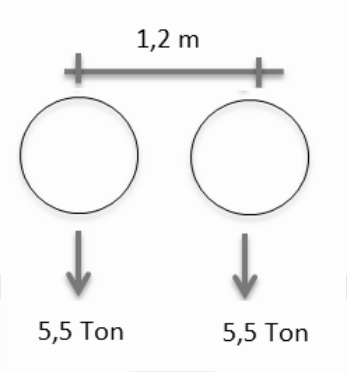


Figura 3. Distribución de carga en el semieje tándem del camión C3

2.3. Carga por peso propio

Las cargas derivadas del peso propio corresponden únicamente al peso del concreto que conforma la placa-huella y la riostra, estas cargas se determinan a partir de la siguiente expresión:

*Carga = Factos de mayoración * Volumen * Peso específico del concreto.*

- ***Determinación de la carga por peso propio de la riostra***

Se considera un elemento cuadrado de 20 cm de ancho, 20 cm de alto y una longitud de 90 cm, correspondiente al ancho de la placa-huella. El peso propio mayorado de la riostra corresponde a 1,3 kN.

- ***Determinación de la carga por peso propio de la placa-huella***

Para la carga por peso propio de la placa-huella varía dependiendo de la ubicación de la losa y el tipo de nodo que le corresponda dado que la longitud de placa que contribuye al peso que soportará cada nodo varía de la siguiente manera:

  - ***Nodos externos***

La longitud de placa corresponde a 3.0 metros y su peso propio mayorado es de 14,6 kN.

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

- ***Nodos internos-externos***

La longitud de placa corresponde a 1,5 metros y su peso propio mayorado es de 7,3 kN.

- ***Nodos internos***

La longitud de placa corresponde a 0,60 metros y su peso propio mayorado es de 2,90 kN

3. Caracterización del soporte de la placa huella

De acuerdo con la experiencia existente en la construcción de los pavimentos en Placa-huella reforzada, se considera que estos pavimentos tienen una superficie de soporte conformada por una capa de material granular de sub-base apoyada sobre la sub-rasante, esta capa brinda un apoyo uniforme a la placa permitiendo la disminución de esfuerzos y deformaciones.

Para efectos de determinar la calidad del apoyo se empleó la siguiente correlación del CBR con el módulo de reacción de la sub-rasante (ecuación 1). Con base en la ecuación 1 y las correlaciones de la PCA entre el módulo resiliente y módulo de reacción de la sub-rasante se construyó la Tabla 1.

$MR = 1500(CBR)$ *Ecuación 1*

Donde,

: Módulo resiliente de la sub-rasante en psi

CBR: Capacidad de soporte de la sub-rasante

INGENIERIA

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

CBR	Mr [PSI]	K [PCI]	K [kN/m^3]
3	4,500	100	27,130
4	6,000	132	35,812
5	7,500	143	38,796
6	9,000	152	41,238
7	10,500	161	43,679
8	12,000	178	48,291
9	13,500	193	52,361
10	15,000	200	54,260

Tabla 1. Correlación entre el módulo de reacción de la sub-rasante y el CBR del suelo

El aporte de la capa granular se estableció a partir de la correlación recomendada por la PCA mostrada en la Tabla 2, que considera el efecto sobre el módulo de reacción de una sub-base sin tratar colocada sobre la sub-rasante.

K subrasante	Espesor de subbase en (m)			
[kN/m^3]	0.10	0.15	0.22	0.30
13,565	17,635	20,348	23,061	29,843
27,130	35,269	37,982	43,408	51,547
54,260	59,686	62,399	73,251	86,816
81,390	86,816	89,529	100,381	116,659

Tabla 2. Módulo de reacción del conjunto sub-rasante – Sub-base (kN/m³)

De acuerdo a lo anterior para una sub-rasante con un CBR de 3.0 y una sub-base granular de 0.15 m, el módulo de reacción del conjunto sub-rasante - sub-base corresponde a 37,982 kN/m3.

4. Resultados de la evaluación del modelo del pavimento en placa-huella

Con el fin determinar los momentos de la placa-huella para evaluar los requerimientos del acero de refuerzo se evaluó el modelo de elementos finitos con los siguientes parámetros:

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

- *Ancho de banda:* *0.90 mt (ancho de la Placa-huella)*
- *Módulo de elasticidad del concreto* *2.1 * 106 kN/m2*
- *Módulo de reacción del soporte* *37,982 kN/m3*
- *Momento de inercia del cimiento* *2.53125 * 10-4*

En las Figuras 4 y 5 se presentan las deformaciones y momentos de la placa-huella resultantes de las cargas aplicadas por el paso de un camión C3 y el peso propio del pavimento en placa-huella.

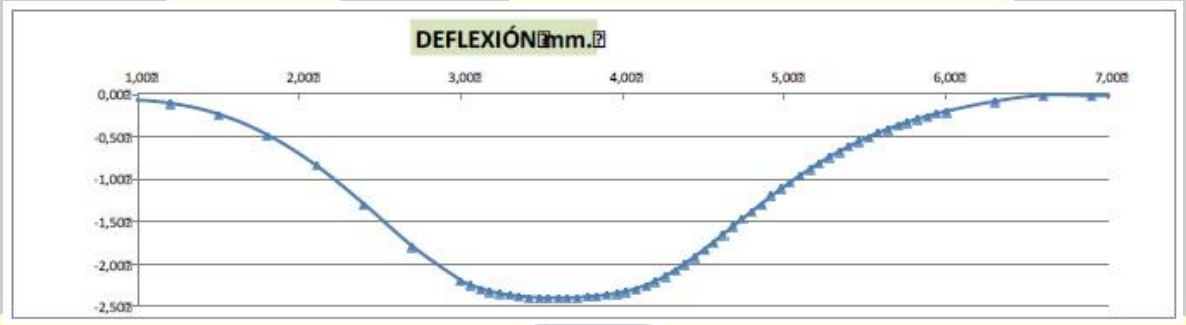


Figura 4. Deflexiones en la Placa Huella

La Figura 5 muestra que el momento máximo que se presenta en la placa huella corresponde a 18.4 kN-m. Una placa huella de 0.20 m de espesor con un refuerzo centrado de una barra corrugada # 3 cada 20 cm, tiene una capacidad por momento de 20.5 kN-m.

En consecuencia, este es el refuerzo recomendado debido a que la capacidad supera levemente el momento calculado. Adicionalmente, una separación de 20 cm suministra una adecuada distribución de esfuerzos a lo ancho de la placa-huella.

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

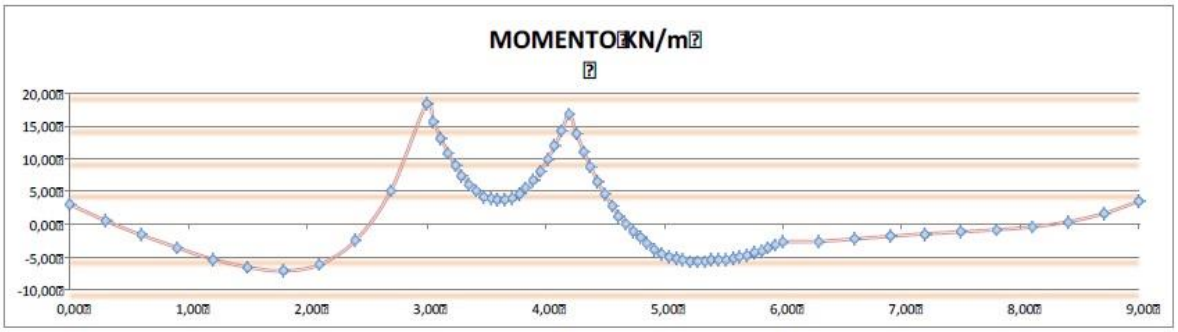


Figura 5. Momentos en la Placa Huella

En el caso de elementos de concreto reforzado, con elementos de concreto que están en interacción con el suelo, se recomienda un recubrimiento mínimo de 7.5 cm. Un espesor de 0.20 m para los pavimentos en placa-huella es el espesor mínimo aceptable que garantiza el recubrimiento mínimo, colocando el refuerzo en el eje central longitudinal, lo que permite contribuir a absorber los momentos negativos y positivos que se presentan en la placa.

Con el fin de fijar el acero de refuerzo longitudinal se recomienda la colocación de acero transversal con barras # 3 cada 20 centímetros, con el propósito fijar el acero longitudinal, evitar desplazamientos durante la construcción y permitir una mejor distribución de esfuerzos transversalmente.

En caso de requerirse placas-huellas con ancho superior a los 90 cm, por ejemplo, en los sobre-anchos de las curvas, se debe conservar el mismo acero de refuerzo, con igual distribución que en las placa-huellas de 0.90 m de ancho. La berma-cuneta por ser elementos que pueden estar sometidos a las mismas cargas que la placa-huella deberá tener un refuerzo similar al de estas.

Las riostras son elementos cuya función es confinar la sub-base y garantizar que las placas huellas trabajen monolíticamente, las mismas están sometidas a esfuerzos bajos, por lo que

se recomienda la colocación de la cuantía mínima de refuerzo para estos elementos que corresponde a 4 barras #3 longitudinalmente (dos arriba y dos abajo) y estribos #3 cada 25 centímetros.

5. Conclusiones y recomendaciones

Los análisis se realizaron con superficie de apoyo con un módulo de reacción del conjunto de 37,982 kN/m3, que corresponde a una sub-rasante con CBR de 3.0 y una sub-base granular de 0.15 m de espesor. Durante el proceso constructivo se debe garantizar el cumplimiento de estas condiciones mínimas, las cuales deben mantenerse durante el periodo de servicio del pavimento para garantizar la durabilidad del mismo. Tanto la sub- rasante como la sub-base deben ser debidamente compactadas. Se debe garantizar el confinamiento de la sub-base por parte de la riostra y el bordillo, por lo que estos elementos deberán proyectarse por debajo de la placa, como mínimo hasta alcanzar una profundidad igual al espesor de la sub-base (15 cm).

El efecto de una mejora en la calidad del soporte de la placa-huella representa una leve disminución en los esfuerzos, deformaciones y momentos que se presenta en los pavimentos de placa-huella reforzada, se recomienda que esta diminución de esfuerzos se considere un factor de seguridad y no se reduzcan las cuantías del refuerzo.

Las cuantías de refuerzo propuestas son muy cercanas a la cuantía mínima requerida por el pavimento. La reducción la cuantía de refuerzo implicaría un incremento en el espaciamiento de las barras #3, dado que con barras #3 y separación mayor, la estructura no podría resistir las solicitaciones de la carga de diseño utilizada en el análisis, esto no sería conveniente porque se afectaría la distribución de esfuerzos a lo ancho de la placa-huella.

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. 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.

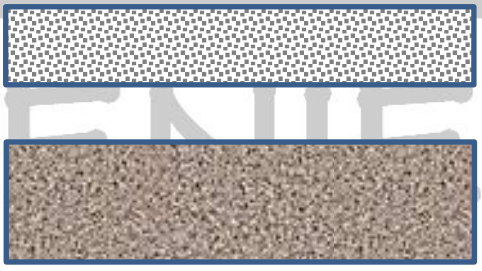
9. ESPECIFICACIONES TECNICAS

La construcción de la placa huella se debe ajustar a las especificaciones técnicas adjuntas y a las referenciadas del Instituto Nacional de Vías – INVIAS en la edición 2022

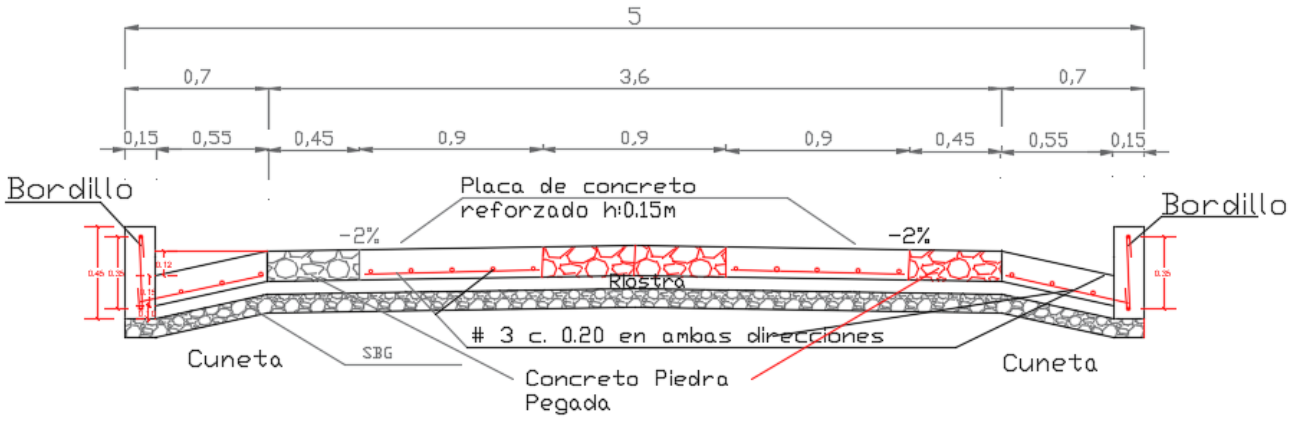
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del análisis presentado por la metodología, la estructura recomendada es:

ALTERNATIVA PARA PAVIMENTO PLACA HUELLA DEL PROYECTO



La estructura anterior corresponde al recomendado por el ministerio de transporte a través de la cartilla del Programa Colombia Rural, al análisis de la subrasante y al análisis de la variable tránsito.



CORTE TRANSVERSAL

Es importante mantener los diámetros de los hierros ya estimados en el diseño, tal como se muestran en el cuerpo de este documento.

Durante la construcción se deben tener en cuenta las especificaciones de obra anexas a este documento y que forman parte integral del mismo, así como las recomendaciones de los estudios complementarios como son el estudio geotécnico y la modulación del pavimento en placa huella.

Este diseño solo considera alternativas para la estructura de pavimento en placa huella, no se incluyen los elementos de confinamiento como obras de arte, alcantarillas, sardineles, andenes, cunetas, imprevistos por fallas que puedan aparecer durante o posterior al proceso constructivo.

Se recomienda retirar todo el material tipo relleno antes de construir cada una de las estructuras del pavimento en placa huella.

En toda la vía se debe implementar sistemas de drenaje y sub-drenaje que protejan la estructura del pavimento de la acción del agua, para de esta manera garantizar la estabilidad de la estructura.

Se hace necesario el diseño de iluminación artificial y señalización vial que permita localizar las estructuras y elementos dentro de la vía.

Para las losas que contienen elementos no estructurales del pavimento en placa huella, tales como sumideros, pozos, etc., se hace necesario hacer losas completas y con parrilla simple o doble, de acuerdo a las indicaciones en los planos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS. Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales, programa Colombia Rural. Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte, 2020.

COLOMBIA, Orobio, Orobio & Mosquera. Memoria De Cálculo Estructural De Pavimentos Con Placa-Huella En Concreto Reforzado. 2016



José Hernando
García Jaimes
DISPAV PH PTO
VILLAMIZAR

JOSE HERNANDO GARCIA JAIMES
MP 54202 – 74095 NTS

JOSE HERNANDO GARCIA JAIMES

Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia

ANEXOS, RESULTADOS ENSAYO DCP y CBR LABORATORIO

INGENIERIA