Equipo y herramienta: herramienta menor, mezcladora, rana y vibrador de concreto, pulidora.
Materiales: Piedra bola, cemento, arena, agua, acero y triturado
Personal interventoria: Ingeniero residente, inspector
Personal Obra: Ingeniera residente, 1 maestro y 6 ayudantes.

Seidy García Roza

23-06-24 Domingo - no se laboró.

24-06-24 Actividades: Se realizó fundida de huellas y cunetas, se llevó a cabo la fundida del concreto ciclopeo.
Tiempo: Se presentaron lluvias de 7am - 9am
Equipo y herramienta: herramienta menor, vibrador de concreto, rana, mezcladora, pulidora
Materiales: Acero, piedra bola, triturado, cemento, arena y agua.
Personal Interventoria: Ingeniera residente e inspector.
Personal Obra: Ingeniera residente, 1 maestro, 6 ayudantes.

Seidy García Roza

25-06-24 Actividades: Se realiza instalación de acero para huella y cuneta, encofrado y fundida de huella y cuneta.
Tiempo: Se presentaron lluvias de 7am-8:10am
Equipo y herramienta: herramienta menor, vibrador de concreto rana y mezcladora.
Materiales: Acero, triturado, arena, Cemento y agua.
Personal interventoria: Ingeniero residente e inspector.
Personal Obra: Ingeniera residente, 1 maestro y 6 ayudantes.

Seidy García Roza

Powered by CamScanner

26-06-24 Actividades: Se hizo instalación y encofrado de acero de huellas y cuneta, Se realizó fundida de huellas, cuneta y concreto ciclopeo.
Tiempo: Seco
Equipo y herramienta: herramienta menor, pulidora, rana, vibrador de concreto y mezcladora.
Materiales: Acero, cemento, triturado, arena y agua.
Personal Interventoria: Ingeniero residente, inspector.
Personal Obra: Ingeniero residente, 1 maestro y 6 ayudantes.

Seidy García Roza

27-06-24 Actividades: Se realizó la instalación de acero y encofrado de huellas y cuneta, se realizó fundida de huellas y cuneta
Tiempo: Seco
Equipo y herramienta: herramienta menor, rana, mezcladora y vibrador de concreto:
Materiales: Acero, arena, agua, cemento y triturado.
Personal Interventora: Ingeniero residente, inspector.
Personal obra: Ingeniera residente, 1 maestro, 7 ayudantes.

Seidy García Roza

28-06-24 Actividades: Se realiza instalación de acero para huella y cuneta, se realiza encofrado de huella y cuneta.
Tiempo: Seco
Equipo y herramienta: herramienta menor, mezcladora, rana y vibrador de concreto.
Materiales: Acero, arena, cemento, triturado, agua.
Personal Interventoria: Ingeniero residente, inspector
Personal Obra: Ingeniera residente, 1 maestro y 7 ayudantes.

Seidy García Roza

Powered by CamScanner

29-06-24 Actividades: Realiza fundido de concreto ciclopeo, huellas y cunetas.
Tiempo: Seco.
Equipo y herramienta: herramienta menor, mezcladora, rana, vibrador de concreto.
Materiales: Acero, arena, agua, cemento y triturado.
Personal Interventoria: Ingeniero residente, inspector
Personal Obra: Ingeniera residente, 1 maestro, 7 ayudantes.

Seidy Garcia Rota

30-06-24 Domingo - No se laboró

Powered by CamScanner

8.4. DISEÑOS PRESENTADOS POR LAS JUNTAS DE ACCIÓN COMUNAL

VEREDA LA CEIBA

INFORME DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN SISTEMA DE PLACA HUELLA, VEREDA LA CEIBA – MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, BOLIVAR.

OBJETO:

"AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA CEIBA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR - BOLIVAR

ABRIL DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION ---------- 3
2. ALCANCE ---------- 4
3. OBJETIVOS ---------- 5
4. TRANSITO DEL PROYECTO------------- 6
5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO. ---------- 7
5.1. ESTUDIO DE SUELO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. ---------- 8
5.1.1. Nivel freático. ---------- 8
5.1.2. Perfil estratigráfico. ---------- 8
5.2. Resultados de CBR de diseño ---------- 8
5.3. Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante. ---------- 10
----
6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO ---------- 12
6.1. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL. ---------- 12
6.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA. ---------- 13
6.2.1. Estructura de pavimento con sistema de placa huella. ---------- 13
6.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS. ---------- 13
6.2.3. Diseño estructural de la placa huella. ----------
6.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO. ----------
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ----------
8. BIBLIOGRAFÍA. ---------- 20

1. INTRODUCCIÓN.

Se realizará el diseño de la estructura de pavimento del tramo vial en la vereda la ceiba, que cuenta con 134 m atreves de la secretaria de obras del municipio de Santa Rosa del Sur departamento de Bolivar.

El presente documento describe los procesos mediante los cuales se calcula la estructura de placa huella, dependiendo de todas las especialidades que entran en dicho diseño.

2. ALCANCE

Se presentarán todas especificaciones y detalles para el diseño de 134m de la placa huella apoyado en los estudios de suelos, topografía, hidráulico, tránsito y otros componentes extraídos en campo. Pero aún más importante es la necesidad de la comunidad debido a que no cuenta con vías óptimas para sacar su producto de manera rápida y segura.

De igual manera el documento tiene como alcance realizar el diseño de la placa huella acorde a las normas de Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

3. OBJETIVOS

- **General.**
  Construir de manera rápido y consistente el primer tramo de placa huella en la via que pertenece a la vereda la Ceiba en el municipio de Santa Rosa Del Sur - Bolivar

- **Especifico.**
  Poder mitigar y resolver de manera eficaz la problemática que presenta la vereda la ceiba en cuanto al pésimo estado de las vías de acceso.

  Esta vía es la entrada y salida de los habitantes de la vereda sin duda en época de lluvias es donde la comunidad sufre por el mal estado de las vías, sin poder transportar sus alimentos y el producido de sus cosechas.

4. TRANSITO DEL PROYECTO

La cartilla para obras menores y estructuras viales del programa Colombia Rural, propone las siguientes clasificaciones para el tránsito de vías rurales, se presentan en la Tabla

CATEGORÍA	CARGA [EE8.2t]
N1	N 150000
N2	150000 < NS 300000
N3	300000 < NS 500000

Todos los tramos de la vía objeto del estudio por sus condiciones de tránsito vehicular se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.

5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO.

La presente consultoría, realizó un estudio de mecánica de suelos para el tramo 1 en la vía ubicada en la vereda aguaditas, municipio de SANTA ROSA DEL SUR, Bolivar.

Para esto se ordenó la realización de dos (02) apiques cada 180 metros de un punto a otro, para la extracción de muestras en moldes para la realización del ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) a una profundidad de 1.50 m, con el fin de analizar la estructura de pavimento.

De los apiques se obtuvieron tres muestras para el ensayo CBR, todas estas perforaciones fueron realizadas en las zonas donde se llevará a cabo el proyecto ya mencionado.

CBR APIQUE # 7 VEREDA LA CEIBA		MODULO RESILIENTE			
		CLASIFICACION CUALITATIVA	MPA	Kg/CM^2	PSI
CBR 95%	49.43	Excelente	213.6	2136.3	30518.9

La exploración de campo se realizó mediante la utilización de moldes para el ensayo de CBR, de cada perforación se obtuvo muestras representativas del terreno con el fin de llevarlas al laboratorio para realizarles las pruebas necesarias para identificar las propiedades y características del terreno. El programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio contemplan lo siguiente:

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Apiques	02
CBR Inalterado	02
Contenido de humedad	02
Límites de Atterberg	02
Granulometrías	02
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	02

Programa de exploración y ensayos.
Fuente: Elaboración propia

6.1 Estudio de suelo para la estructura de pavimento.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para los materiales encontrados mediante la exploración geotécnica, se caracterizó el material que compone el suelo de soporte (subrasante) sobre el cual estará apoyada la estructura de pavimento tipo placa huella. Lo anterior basado en los ensayos de laboratorio de granulometría, humedades naturales, límites de Atterberg, ensayos CBR inalterado y sumergido. En el siguiente numeral se realiza el análisis para los resultados obtenidos de los apiques ejecutados en el proyecto.

1.1 Nivel Freático

El nivel freático no es un valor constante y depende de una serie de factores que incluyen en su comportamiento, entre los cuales se destacan las precipitaciones y la época del año. En época de verano, debido a la evaporación por el calor intenso, el nivel tiende a descender mientras en épocas lluviosas, el nivel se acercará más a la superficie.

Durante la exploración realizada no se encontró el nivel freático.

1.2 Perfil Estratigráfico

El perfil estratigráfico obtenido en la campaña de exploración geotécnica del trazado del proyecto para vía, reporta espesores predominantes de gravas arcillosas con arenas y arenas limosas o arcillosas con presencia de gravas seguido de material arcilloso de mediana plasticidad con o sin presencia de arena en las respectivas áreas del proyecto evaluado.

Así mismo, se presentan fotografías de la exploración geotécnica y la extracción de las muestras.

6.2 Resultados de CBR de Diseño

La necesidad de utilizar el CBR sumergido obedece a que los niveles freáticos son superficiales en épocas de invierno, adicional a esto se busca contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura.

El cálculo del CBR de la subrasante se realizó aplicando la metodología del promedio por ser menos de 5 datos relacionados, por tanto, en CBR escogido corresponde a **49.43%**

De lo anterior se define que el CBR de la subrasante para la vía es igual a **49.43%,** Como se puede observar en los resultados, el suelo de soporte cumple con el valor mínimo requerido de una subrasante (CBR ≥ 3%) según lo establecido en la *Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales Colombia Rural*

Para hacer el resultado de CBR solo se tuvo en cuenta el material de subrasante y de este mismo se obtuvo la muestra.

CATEGORÍA	CBR [%]
S1	3 ≤ CBR < 5
S2	5 ≤ CBR < 7
S3	7 ≤ CBR < 10
S4	10 ≤ CBR < 15

El espesor de la subrasandte se calculará por medio de la fórmula de Ivanov.

La fórmula de Ivanov nos arroja un CBR de diseño de **84.03** el espesor de mejoramiento de **15cm** basados en la cartilla de obras menores de Colombia rural.

Análisis del Potencial de expansión

Un factor que influye contundentemente en el comportamiento del suelo es la **expansividad**, pero en la zona al momento de realizar las exploraciones no se encontraron rastros de material expansivo como: casas con grietas o suelos agrietados

6.3 Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la tabla 10 (estudio de suelos), debe tener un valor de CBR mínimo de 3% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS..

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Afirmados y subbase
20 - 50	Bueno	Subbase y base
>50	Excelente	Base

Figura. Mejoramiento de subrasante

6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

Para el proyecto de intervención de la vía de estudio se propone el siguiente diseño estructural de estructura de pavimento:

Estructura de pavimento tipo placa huella, compuesta por materiales granulares de subbase granular (SBG) acorde con el tipo de tránsito del proyecto dispuestos sobre la subrasante mejorada.

El método de diseño utilizado para el dimensionamiento de la estructura de pavimento, corresponde al procedimiento indicado en la Cartilla de Obras menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS.

7.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL.

Para la intervención del presente segmento se requiere del mejoramiento de la subrasante. Dada la reducida resistencia mecánica y el potencial expansivo de la subrasante natural, se requiere considerar un espesor de mejoramiento, para lo cual se realiza el cálculo del espesor adecuado de un material de terraplén tipo seleccionado que garantice un CBR de diseño mínimo del 3%, como parámetro mínimo recomendado por la consultoría.

Para el cálculo del CBR equivalente de la interacción de la Sub-rasante y el mejoramiento con material granular, se aplicará el cálculo estimativo del CBR equivalente en la superficie de la capa de mejoramiento por medio de la fórmula de IVANOV.

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) tan^{-1}\left(n\frac{e_{mej}}{2a}\right)}$$

Donde:

E_{eq}: Módulo elástico equivalente del sistema, Kg/cm2

E_{sbr}: Módulo elástico de la subrasante, Kg/cm2

E_{mej}: Módulo elástico del mejoramiento, Kg/cm_2

e_{mej}: Espesor de la capa de mejoramiento, cm

a: Radio del área de carga, 15.27cm

n: Parámetro adimensional

A continuación, se presenta el cálculo del módulo equivalente de la subrasante mejorada de la vía a intervenir, el cual será el CBR de diseño a implementar en el diseño. El CBR de laboratorio fue **84.03**

Así se tiene que basados en los resultados de CBR no se considera necesario un material de mejoramiento, con la subbase granular y la losa de placa huella tendríamos un proyecto estable y duradero. La subbase debe Cumplir con los requerimientos del Articulo 320-22 del INVIAS.

7.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA.

7.2.1. Revisión bibliográfica para la estimación de parámetros de diseño.

Las Placa-huellas constituyen una solución para vías terciarias de carácter vereda 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. Es un pavimento constituido por una sucesión de placas y riostras reforzadas utilizando la metodología de diseño por carga última.

La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural" y la Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020 la cual deroga la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella versión 2016.

7.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS.

a) mecanismo de falla del pavimento con Placa-huella.

El mecanismo de falla del diseño del pavimento con placa-huella es por carga última y su diseño consiste en una estructura de concreto reforzado totalmente apoyada sobre el suelo (en este caso el suelo es la subbase granular) constituida por placas-huella y riostras que trabajan monolíticamente.

b) El tránsito.

En el desarrollo de esta cartilla, se evaluaron diversas combinaciones de espesores de placa, cargas vehiculares y tipos de suelo de subrasante. Se realizaron modelos numéricos considerando vehículos tipo C3, C2 y vehículos ligeros (camionetas y automóviles).

En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores a las del C-3, la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

c) Efecto del clima.

Los parámetros del clima de la zona del proyecto que inciden en el comportamiento de un pavimento son fundamentalmente la temperatura y la precipitación.

La temperatura en un pavimento de concreto, como lo es el de placa-huella, se refleja en los esfuerzos de alabeo. De acuerdo a los diseños desarrollados por el Instituto Nacional de Vías Por las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención especial. Por su parte la precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma-cunetas, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes.

d) La subbase granular (SBG).

La Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural adoptó para la subbase granular o suelo cemento un espesor de quince (15) centímetros que debe cumplir con la calidad exigida en las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. Dicho espesor obedece a razones constructivas como son el contribuir a lograr la lisura de la superficie de apoyo de las placas, que es la subbase granular, a poder lograr la compactación requerida cuando los suelos de apoyo sean de precaria calidad y a disponer de una superficie de trabajo limpia.

La compactación de la capa de sub-base en el terreno debe ser tal que se garantice un incremento mínimo de la densidad luego de poner en funcionamiento el pavimento, por tanto, se exigirá un porcentaje de compactación cuando menos del 95% de la máxima densidad seca obtenida en un ensayo de Proctor Modificado.

La subbase granular debe cumplir con los requisitos dados por el INVIAS Artículo 320-22.

e) Espesor de la Placa-huella.

INVIAS en la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural se presenta el espesor recomendado de acuerdo al tipo de vehículos que circulara por la vía, el espesor de la placa-huella se define de quince (15) centímetros en concreto reforzado totalmente apoyadas sobre la Subbase Granular, complementadas con riostras también reforzadas que aportan confinamiento a los elementos de la sección transversal.

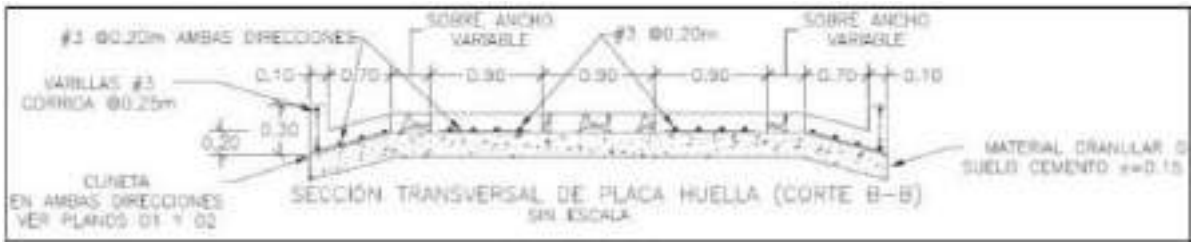
7.2.3. Diseño estructural de la placa huella.

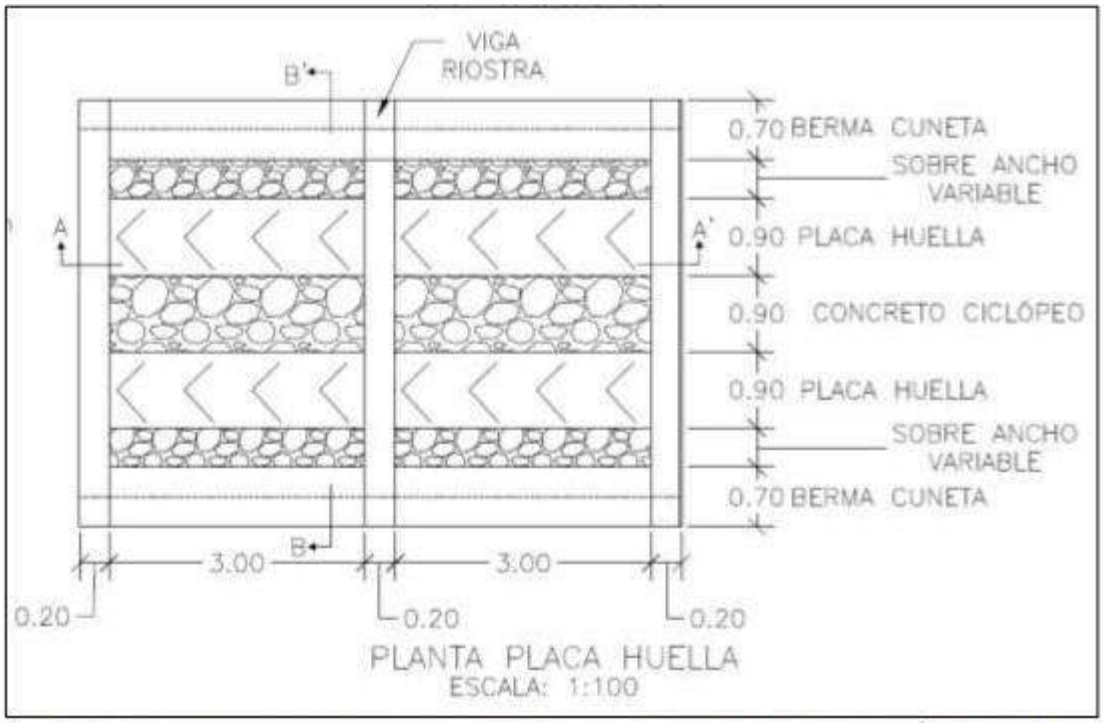
a) Dimensiones de las losas de concreto.

Teniendo en cuenta la información del tránsito en la cual los vehículos que se esperan que circulen en la placa huella son de carácter liviano, por lo cual el diseño se ceñirá al plano 125 de la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural.

La estructura de placa huella para el tramo de la vía ubicada en la vereda aguaditas en el municipio de Buenavista - Córdoba Es la siguiente:

La longitud puede variar entre 1.00 y 3.00 m, para este diseño la consultoría recomendara huellas de 3m de largo. En general serán placa huellas de 0.90 m de ancho por 3m de largo, separadas entre sí por concreto ciclópeo de ancho igual a 0.90 m en el centro y de ancho variable en los extremos, las placas de concreto estarán arriostradas por viguetas de 0.20 m de ancho por 0.25 m de alto, localizadas en los extremos y en el medio de las placas.

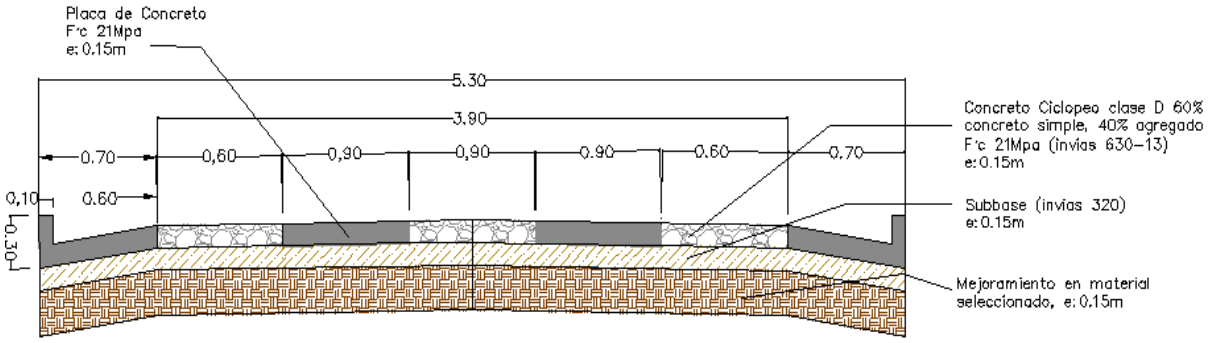




Fuente: Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural (INVIAS Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020)

Las dimensiones de la placa huella pueden presentar variaciones en los anchos con el fin de ajustarse a las condiciones de paramentos y lotes privados existentes. Teniendo en cuenta lo anterior y el diseño geométrico suministrado se tiene una sección tipo.

ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
SECCION TIPICA



b) Resistencia del concreto.

- **Concreto ciclópeo.**

La piedra pegada es una capa de 0.15 m de espesor conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple de 3000psi y 40% de agregado ciclópeo (piedra rajon), debe cumplir con las exigencias dadas en el artículo INV. 630-22. el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa.

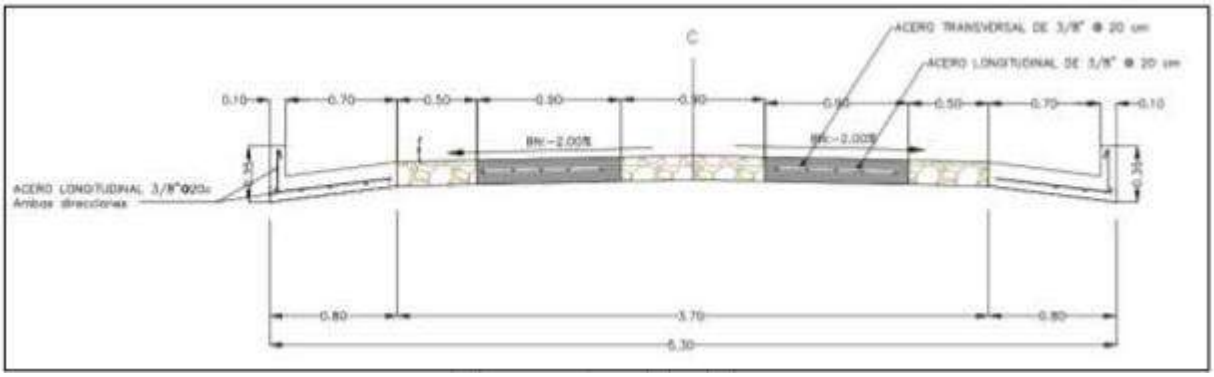
- **Concreto de huella.**

Para las cintas o huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final, se propone en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural" el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa (Tabla 630-22 Valores mínimos de resistencia del concreto estructural).

- **Refuerzo.**

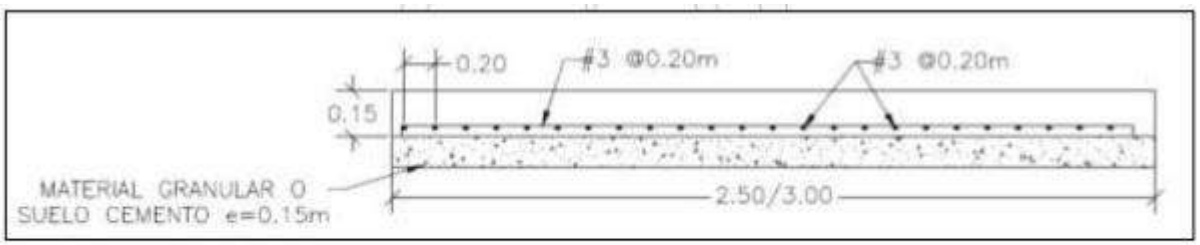
La Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural establece que el acero de refuerzo de la placa huella para vehículos livianos consistirá en 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo longitudinal y 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo transversal. La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.

A continuación, se mostrarán los esquemas guías en planta, perfil y detalles de refuerzo por lo tanto algunas dimensiones no serán las reales.



Fuente: Diseño Estructura de Placa huella

Figura. Sección transversal de la estructura de la placa huella con refuerzo.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

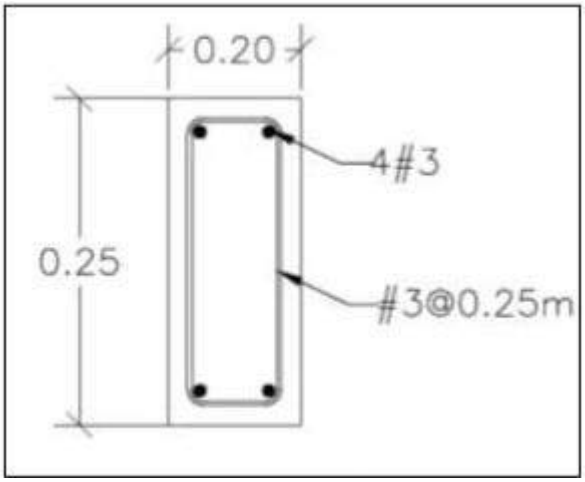
Figura. Corte longitudinal de placa huella para vehículos livianos con refuerzo.

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado. El refuerzo longitudinal de las vigas riostra consistirá en 4 varillas número 3 (4#3) y los estribos tendrán 1 varilla número 3 cada 25 cm (1#3@0,25). La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte longitudinal típico viga riostra con refuerzo.

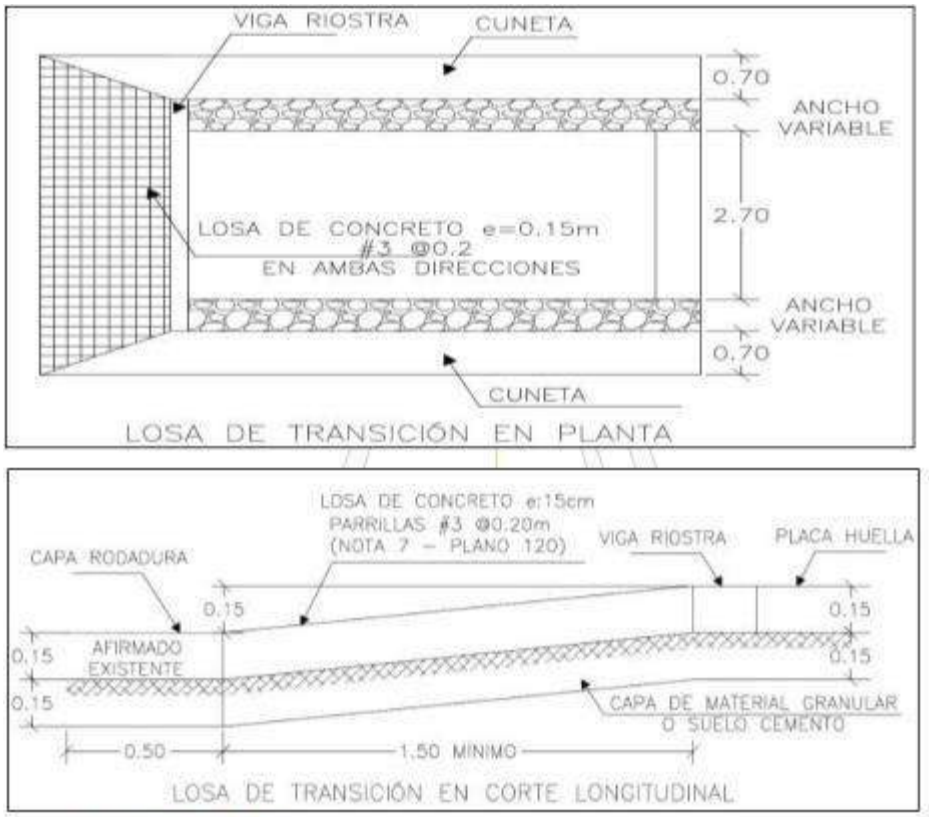


Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte Transversal viga riostra

De acuerdo con la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural tanto al inicio como al final de los tramos del proyecto se debe generar un área de transición del suelo a la estructura rígida. Para esos casos el constructor deberá considerar un tratamiento especial que puede consistir en la escarificación y compactación adicional, cuando se trata de materiales granulares como afirmados o subbases, o de la conformación de un remplazo de material granular compactado con un espesor mínimo de 0.15 m en las zonas en contacto por fuera de la placa huella, en una longitud de al menos 1.50 m.

Se deben construir losas de transición al inicio y al final de los tramos de placa huella que no conectan con pavimento existente, como se ilustra



en la siguiente figura:

Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

Figura 15 Losa de transición placa huella

Para el sello de las juntas entre placas huellas se emplearán material asfáltico o premoldeado cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M 89, M 33, M 153 y M 30.

Las juntas longitudinales y transversales se deben hacer de acuerdo a la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125 para tránsitos con vehículos livianos.

Nota: En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores vehículos tipo livianos la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada tipo 1 (plano 125 de la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural) no sería viable y deberá ser ajustado al plano 126 según corresponda o la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

7.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO.

El Informe de Diseño de 134m Pavimento en Sistema de Placa Huella, **Vereda la CEIBA** – Municipio de Santa Rosa Del Sur – Bolivar, determina un corredor con tránsito **N1 (28.30)** y **CBR de diseño 84.03%,** por lo que se determina una capa de una capa de **15cm de espesor de Subbase Granular**, que se ajuste a la Sección INV-320-22, y una capa capa de **rodadura en Placa Huella de 15cm** de espesor, que se ajuste a la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural de INVIAS en concretos de 3.000PSI (F'c 21MPa), integrando berma-cunetas para un ancho total de **calzada de 5,30m**, con juntas debidamente selladas en el material asfáltico o premoldeado.

ESQUEMA	ESPESOR (Cm)	TIPO DE MATERIAL
	15	Placa huella – Concretos de 3000psi
	15	SBG Clase C – Art. 320 – 22, INVIAS
	15	AFI. – Art. 311 – 22, INVIAS

Tabla. Espesores de la estructura propuesta para el pavimento.

- **Geometría de la estructura.**

El criterio de diseño en los tramos en curva consiste en impedir que los camiones y buses realicen trayectorias sobre la piedra pegada. Por lo anterior, algunos tipos de curvas requieren un sobreancho especial de diseño. A medida que aumenta la deflexión en la curva y disminuye su radio el sobreancho necesario es mayor.

El camión C3 al girar en la curva dibuja una trayectoria con sus ruedas traseras que abandona la placa huella y recorre las franjas de piedra pegada. Esto hace necesario un sobreancho en la sección de la placa huella el cual consta de una losa reforzada sobre la cara exterior de la curva.

Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

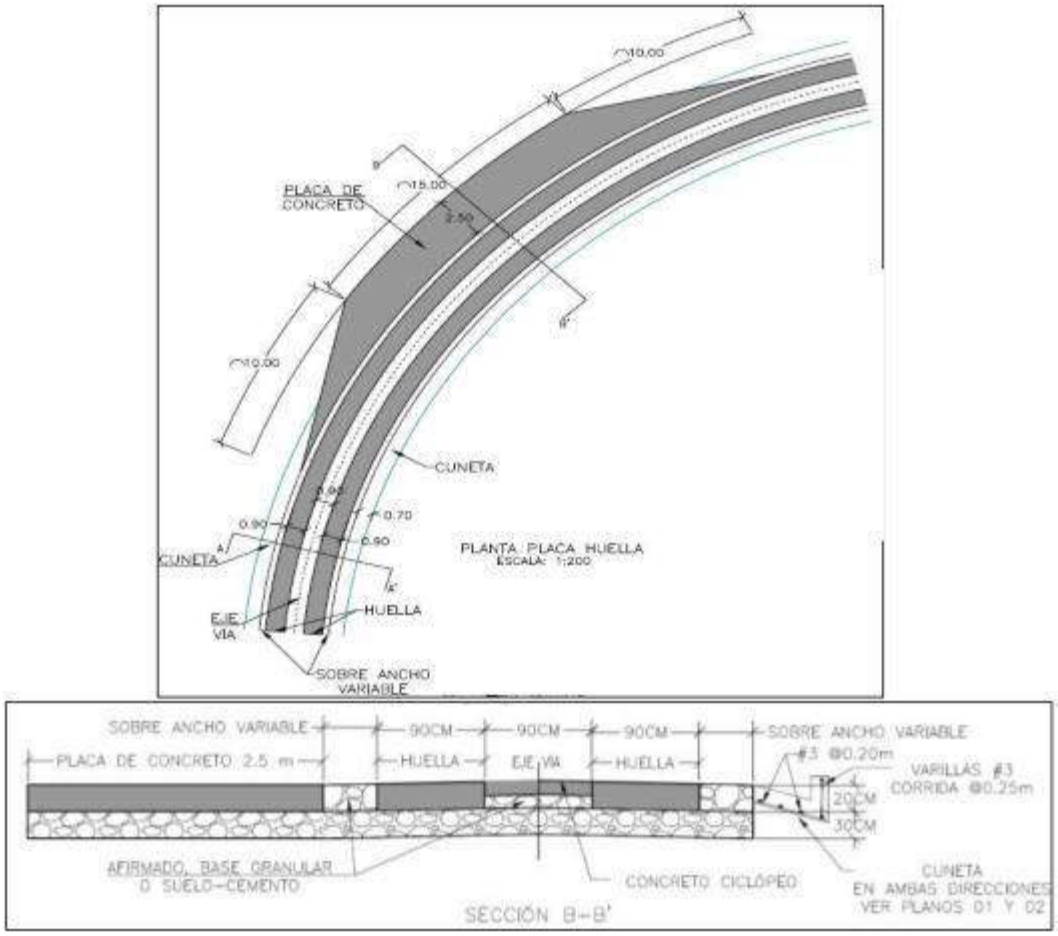


Figura . Diseño tipo - Sobreanchos en la placa huella, zona de curvas. El constructor deberá tenerlo encuentra siempre y cuando el paramento de los predios lo permitan

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los tramos de la vía objeto del estudio, se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.
- De acuerdo al estudio geotécnico hecho por el consultor JS GEOCIMIENTOS S.A.S, se propone que: *"Para el CBR de diseño con una capa de 15cm de subbase es suficiente para tener una estructura de placa huella estable y de buena calidad."*.
- La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural"
- Teniendo en cuenta la exploración geotécnica realizada, el análisis de la información y lo establecido en la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural, a continuación, se presenta la estructura de pavimento propuesta en sistema de placa huella.

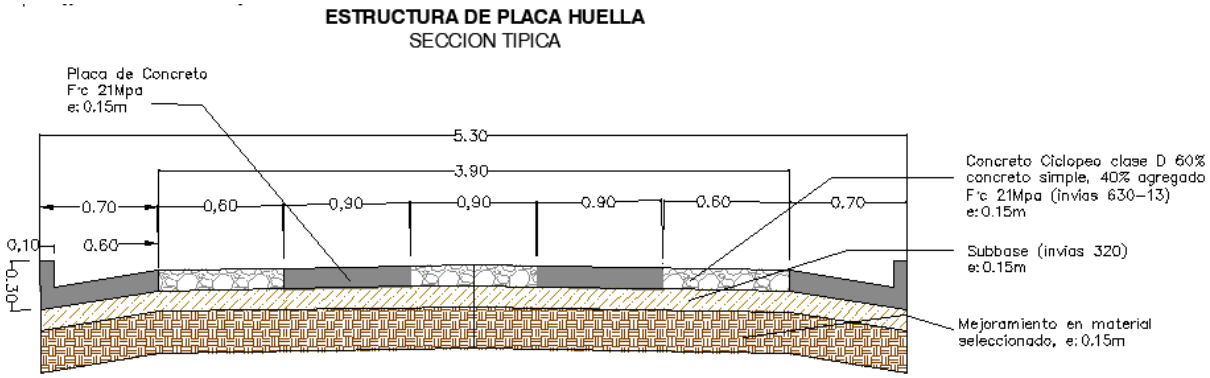


Figura. Sección transversal para la estructura de la placa huella.

- Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla
- la de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

- Se deberá tener especial cuidado con el curado y fraguado de las losas de concreto atendiendo las recomendaciones de las especificaciones de construcción del artículo 630-13 del INVIAS y las dadas por el proveedor del concreto.

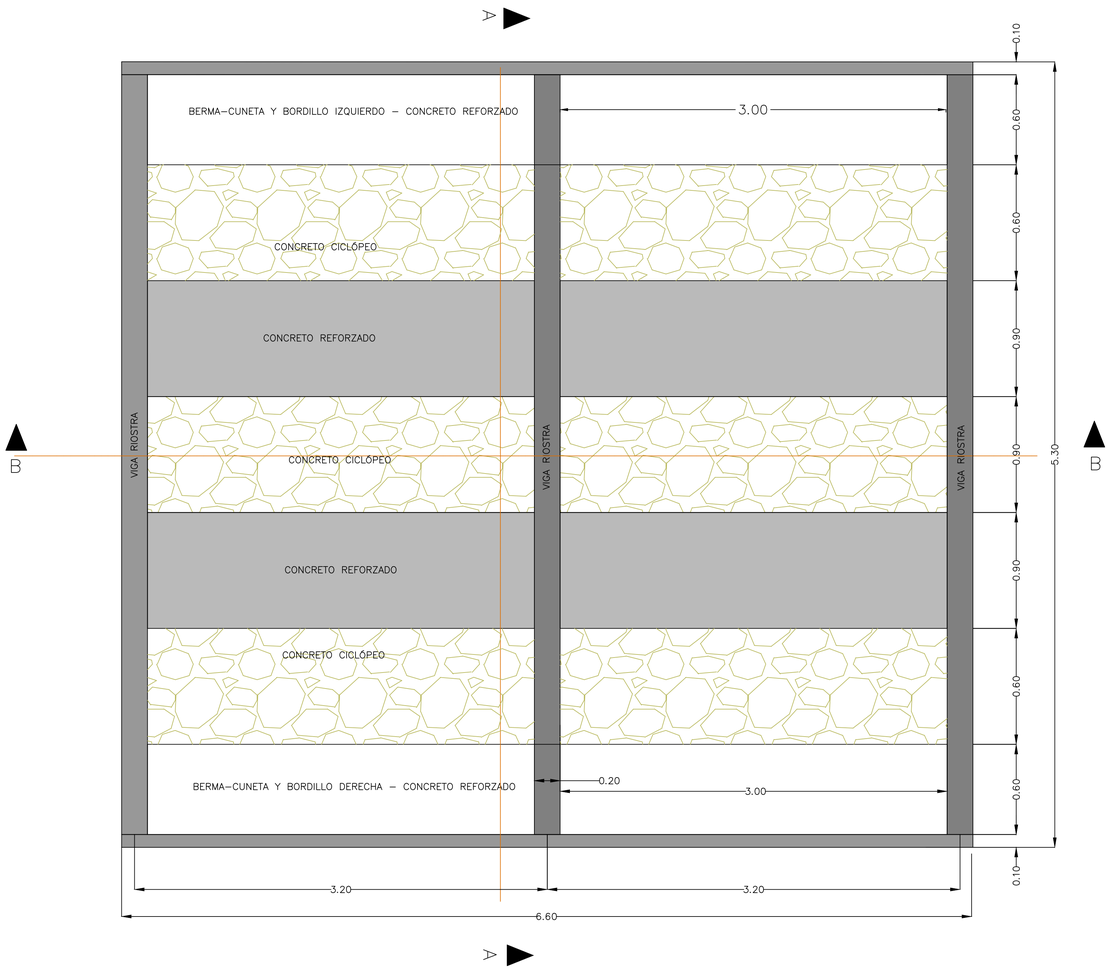
- Para la conformación y compactación de la capa SBG de la estructura se debe cumplir con lo estipulado en la sección 300: Capas granulares de subbase de la misma especificación. Este material granular, debe cumplir con los requisitos de calidad mínimos que garanticen un comportamiento adecuado de la estructura de pavimento, acorde a las hipótesis utilizadas para la modelación.

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

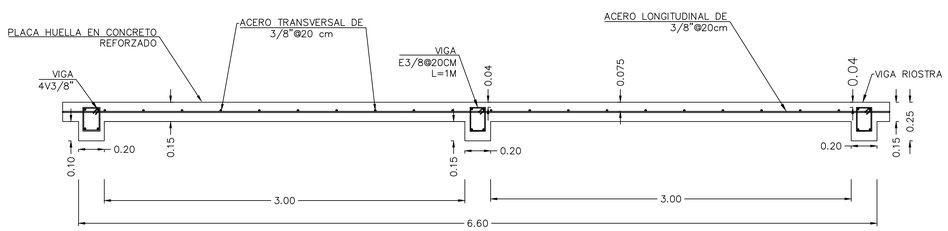
9. BIBLIOGRAFÍA.

Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

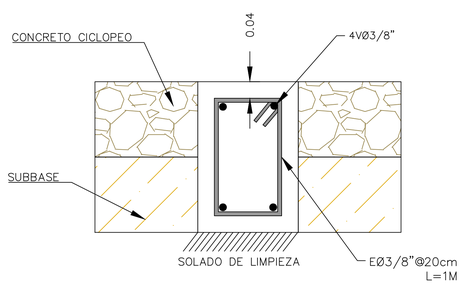
PLANTA DE PLACA HUELLA



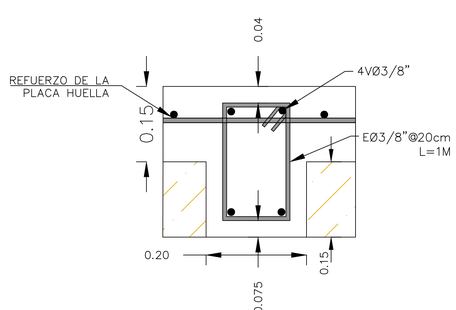
SECCION LONGITUDINAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS
CORTE B - B



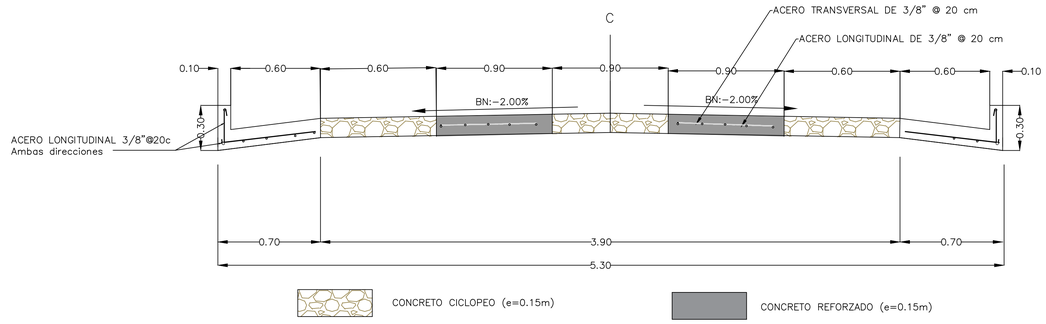
DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN PIEDRA PEGADA



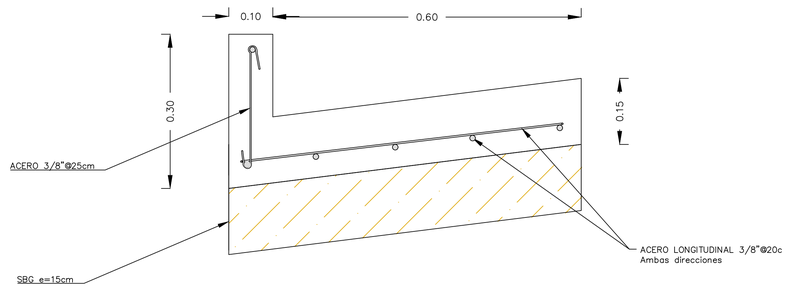
DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN HUELLA



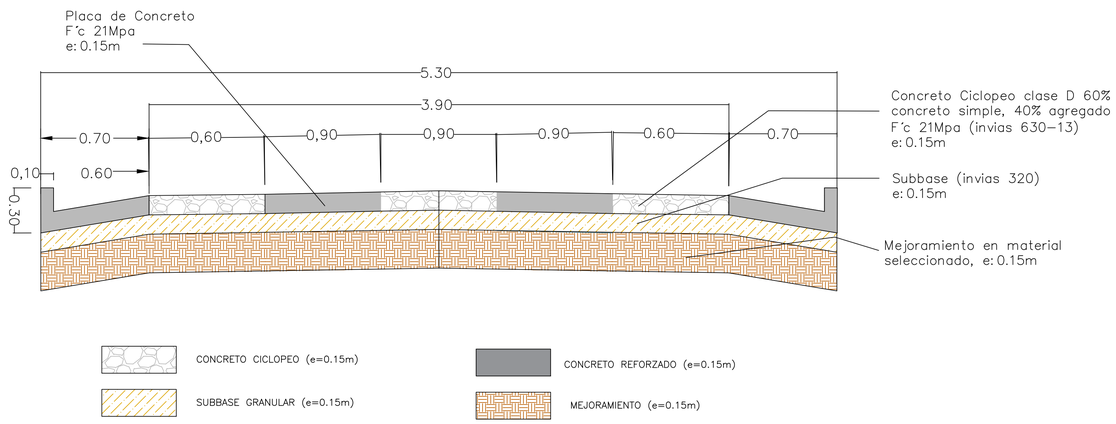
SECCION TRANSVERSAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS Y BERMA CUNETA
CORTE A - A



DETALLE REFUERZO BERMA CUNETA



ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
SECCION TIPICA



Proyecto:

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA CEIBA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

Localización:



MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR

Dibujó:

ING. JUAN CAMILO MARTINEZ

Revisó:

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vias Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

Contiene:

- ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
- DETALLES

Convenciones:

Escala:

INDICADAS

Fecha:

ABRIL DE 2024

Nº de plano:

1/1

INFORME DISEÑO GEOMETRICO

PROYECTO

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA CEIBA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SURDEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIALEN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.

TRAMO

VÍA ACCESO A LA VEREDA LA CEIBA

PETICIONARIO

JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA CEIBA

INGENIERO DISEÑADOR

NELSON JUNIOR MOLINARES DORIA

ESP. EN VIAS TERRESTRES

SANTA ROSA DEL SUR

BOLIVAR

ABRIL 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4

2. ALCANCE 6

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO 7

4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA 8

4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS 8

4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD 8

4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO 8

5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL 10

5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO 10

5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL 11

5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX}) 12

5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C) 12

5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO 13

5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA 14

5.7. TRANSICION DE PERALTE 14

5.8. RAMPA DE PERALTE 15

5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION 17

5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION 19

6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL 20

6.1. TANGENTE VERTICAL 21

6.1.1. PENDIENTE MINIMA 21

6.1.2. PENDIENTE MAXIMA 21

6.1.3. LONGITUD MINIMA 22

6.1.4. LONGITUD MAXIMA 22
6.2. CURVAS VERTICALES 22
6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES 23
6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL 24
7. DISEÑO TRANSVERSAL 25
7.1. ANCHO DE CALZADA 25
7.2. BERMA CUNETA 26
7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL 27
..... 27
7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO 27
8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA 27
8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA 28
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 29
10. BIBLIOGRAFIA 31
11. ANEXOS 32

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto. Este informe se centra en el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Es necesario aclarar que el insumo principal para el diseño geométrico de la vía es la topografía, el cual fue realizado por la presente consultoría. A continuación, se hace un breve resumen que describe en términos generales el contenido y los parámetros de diseños empleados.

En el numeral 2 se realiza una descripción del alcance del estudio en el proyecto de estudios y diseños.

En el numeral 3 se hace una breve descripción sobre la localización del proyecto, así como las características de la vía en estudio.

En el numeral 4, se realiza una breve descripción de los parámetros de control para la caracterización de una vía para lo cual se tienen dos parámetros relevantes: caracterización en función del terreno, donde es de gran importancia el levantamiento topográfico para identificar las pendientes longitudinales y transversales de la vía y caracterización en función de la funcionalidad de la vía.

En el numeral 5, de describen los parámetros horizontales que se tuvieron en cuenta para el diseño horizontal, donde se observan los elementos de cada curva, todo en función de las recomendaciones del manual de diseño geométrico del INVIAS, además se ofrecen los criterios para la selección de los elementos geométricos en planta.

En el numeral 6, se realiza el diseño geométrico vertical, donde se calculan las pendientes mínimas, longitudes de las curvas y parámetro K (Control de visibilidad de parada). Es necesario aclarar que el diseño geométrico vertical se ajusta según las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS.

En el numeral 7 se describen los principales elementos de la sección transversal como lo son el ancho y la inclinación transversal. En el numeral 8 se aprecian las características de diseño de la vía las cuales deben estar relacionados para garantizar que la carretera sea funcional y opere de madera segura, adicional a eso se contemplan memorias de cálculo de los elementos geométricos los cuales fueron verificados en el Programa TOPO3 el cual contiene las normas de diseño colombianas.

Por último, en el numeral 9 se consignan una serie de recomendaciones las cuales deben respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la geometría de la vía, también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de diseño a emplear.

2. ALCANCE

Este documento tiene como alcance realizar el diseño de la vía en estudio tomando los parámetros del manual de diseño geométrico de Invias del año 2008, en el cual se basó para la realización del diseño.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Los tramos viales a intervenir se encuentran localizados en el Municipio de SANTA ROSA DEL SUR más exactamente en la vereda la ceiba en las siguientescoordenadas:

Tramo No 1	
Coordenada Norte	**Coordenada Oeste**
7°57’55’’N	74°03’33’’O

Figura No 1. Localización de la vía a intervenir (Fuente Google Maps)



4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA

Para conocer las características actuales de la vía es necesario tener claro algunos conceptos que se presentan a continuación:

4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

Teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del instituto nacional de vías, las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno:

4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

- **Primarias**

Son aquellas carreteras troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen una función básica de integración. Este tipo de carreteras generalmente son de doble calzadas.

- **Secundarias**

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

- **Terciarias**

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí, la vía de este estudio se clasifica dentro de este ítem.

4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO

- **Plano.**

Son carreteras en donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento, y su pendiente transversal al eje de la vía es menor a 5 grados. Presenta un movimiento de tierra mínimo durante su construcción.

- **Ondulado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento. Esta Vía se encuentra en este tipo de terreno.

- **Montañoso**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento.

- **Escarpado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento.

5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, se denomina velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR), esta velocidad se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía. En la figura 2 se puede ver las velocidades de diseño en función de la categoría de la carretera y del tipo de terreno.

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

***Figura No 2**. Valores de Velocidad de Tramos Homogéneos en Función de la Categoría de la Carretera y el Tipo de Terreno (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Si bien es cierto que el carreteable está definido como una vía terciaria, que presenta pendientes entre el 6 – 13% clasificándose como terreno ondulado, si bien es cierto que según la figura No 2 la velocidad del tramo homogéneo para un tramo de dichas características de 30 Km/h, pero al considerar que la vía en cuestión es una estructura vial tipo placa huella, se tomo en consideración reducir dicha velocidad a 20 Km/h, con el fin de garantizar la transitabilidad en el tramo vial.

5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL

Para asignar la velocidad de curva horizontal (VCH) a las curvas horizontales incluidas en el tramo homogéneo en estudio se consideran los siguientes parámetros:

- La velocidad de diseño del Tramo homogéneo (VTR) que se encuentra en la curva horizontal
- El sentido que el vehículo recorre la carretera
- La velocidad especifica asignada a la curva horizontal anterior
- La longitud del segmento recto anterior.
- La deflexión de la curva analizada

Dentro de los criterios para la asignación de la velocidad especifica de la curva horizontal se establecen los siguientes:

1. La Velocidad Especifica de una curva horizontal (V_{CH}) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo ($V_{CH} \geq V_{TR}$) ni superior a está en veinte kilómetros por hora ($V_{CH} \leq V_{TR}+20$).
2. La velocidad Especifica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Especifica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento recto anterior.

5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX})

Este valor depende de numerosos factores, entre los cuales están: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios de la AASTHO.

5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C)

El radio mínimo (RC mín.) es el valor límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fTmáx) Ver figura 6. El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones, adicional por condiciones de seguridad y por la geometría horizontal de la vía utilizamos un peralte máximo de 6.00%. El cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{{V_{CH}}^2}{127x\ (e + f_T)}$$

$$e = \frac{{V_{CH}}^2}{127x\ R_C} - f_T$$

Donde:

R_C: Radio de Curvatura

V_{CH}: Velocidad Especifica con que se diseña la curva (Km/h)

e: Peralte de la calzada de la curva (m/m)

f_T: Coeficiente de fricción lateral

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

Figura No 4. *Radios Mínimas para peralte máximo del 6% (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Según la Figura No 4 para una velocidad especifica de 20 Km/h se considera un radio mínimo de curvatura de 15 metros, tomando un valor recomendado según la norma de un peralte máximo de 8%, para vías primarias y secundarias.

Luego de meter estos datos al programa TOPO3, para cada uno de los tramos diseñados, los cuales se encuentran en los anexos se muestran los resultados obtenidos del alineamiento horizontal. Cabe anotar que con el fin de reorientar el eje existente con el eje de la vía se tuvieron que realizar PQ (PI sin Curva), debido a las características irregulares que presento la topografía de la vía.

5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO

Considerando los parámetros mencionados en los numerales anteriores se realiza el diseño geométrico de la vía para la cual se calculan los diferentes elementos geométricos de diseño; adicional con el radio calculado y la velocidad específica se determina el peralte en función de las dos variables mencionadas. En los anexos se presentan los resultados obtenidos de los elementos geométricos de las curvas circulares para cada uno de los tramos diseñados.

5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA

Una vez asignada la Velocidad Especifica (VCH) a cada curva horizontal y con el Radio de Curvatura elegido (Rc), que es el que permite ajustar de la mejor manera la trayectoria de la curva a la topografía del terreno, es necesario asignar el peralte que debe tener la curva para que con su Radio (Rc) permita que los vehículos puedan circular con plena seguridad a la velocidad especifica (VCH).

En la figura 5 se presenta el valor del peralte en función de la VCH y el Rc para Vías terciarias para el peralte máximo que se tomó del 6%

e (%)	V_{CH} = 20 km/h R (m)	V_{CH} = 30 km/h R (m)	V_{CH} = 40 km/h R (m)	V_{CH} = 50 km/h R (m)	V_{CH} = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	736	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	748
2.8	87	190	334	488	678
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	208	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	138	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	158
6.0	15	21	43	79	123

Figura No 5. *Radios Rc Según Velocidad Especifica (VCH) y Peraltes. (Fuente. Manual DGI)*

5.7. TRANSICION DE PERALTE

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal,

hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales:

- La distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento.
- La distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular. La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN\ x\ L}{e_f}$$

Donde:

- L_t: Longitud Total de Transición (m)
- L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto donde el peralte total en la curva circular (m)
- N: Aplanamiento (m)
- BN: Bombeo Normal (%)
- e_f: Peralte Total, en Porcentaje (%)

5.8. RAMPA DE PERALTE

Se define como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de esta, y se determina por:

$$\Delta s = a \times (\frac{e_f - e_i}{L})$$

Donde:

Δs: Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, en porcentaje (%)

L: Longitud de Transición, L= Lt-N, en metros

e_f: Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%)

e_i: Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%)

a: Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros

Estos valores de la inclinación de la rampa garantizan no solamente la comodidad de la marcha de los vehículos, sino una adecuada apariencia de la carretera y cualquiera que sea el sistema seguido para conformar el peralte total, no deben ser excedidos. La figura 6 presenta valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peralte.

Se adoptan valores sugeridos por la AASHTO – 2004 para la pendiente relativa de la rampa de peraltes para las velocidades comprendida entre (60 - 120 km/h). Para las velocidades entre veinte a cincuenta kilómetros por hora (20 - 50 km/h) se adoptan valores ajustados a las necesidades de las carreteras secundarias y terciarias donde el espacio para realizar la transición de peraltado es muy limitado.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	

Figura No 6. *Valores Máximos y Mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes (Fuente. Manual DGI)*

La siguiente ilustración muestra el desarrollo de peralte a emplear, rotando la calzada desde el eje de la vía.

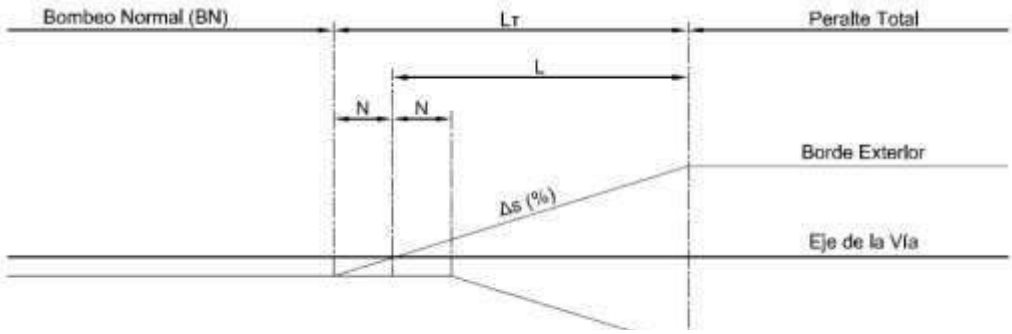


Figura No 7. *Desarrollo del Peralte. Fuente MDG Invias*

5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION

La longitud de la transición (L) se calculó de acuerdo con la relación indicada en la rampa de peralte de donde se puede obtener el valor de la longitud de la transición (L) en función

de la inclinación relativa de la rampa de peraltes (Δs), del ancho de calzada que gira (a) y los cambios de peralte (ef, ei) variables ya definidas, por lo tanto, la expresión de cálculo es:

$$L = a \times b_w \times (\frac{e_f - e_i}{\Delta_s})$$

También:

$$a = W \times n$$

Donde:

L: Longitud de transición, en metros

ef-ei: Cambio de peralte, en porcentaje

a: Ancho de la calzada que gira, en metros

bw: Factor de ajuste debido al número de carriles que giran

Δs: Inclinación relativa de la rampa de peraltes

W: Ancho de carril, en metros

N; Número de Carriles que giran

El valor del ancho de calzada que gira (a) es igual al ancho de los carriles que giran. Cuando el número de carriles que rotan es mayor que uno (1) es conveniente el uso de un factor de ajuste (b_w) para evitar una excesiva longitud de transición y desniveles muy altos entre el borde exterior y el eje de giro. En la figura 8 se indican los factores de ajuste (AASHTO - 2004) y en la figura 9 los bosquejos que indican los carriles que giran respecto a su eje de giro.

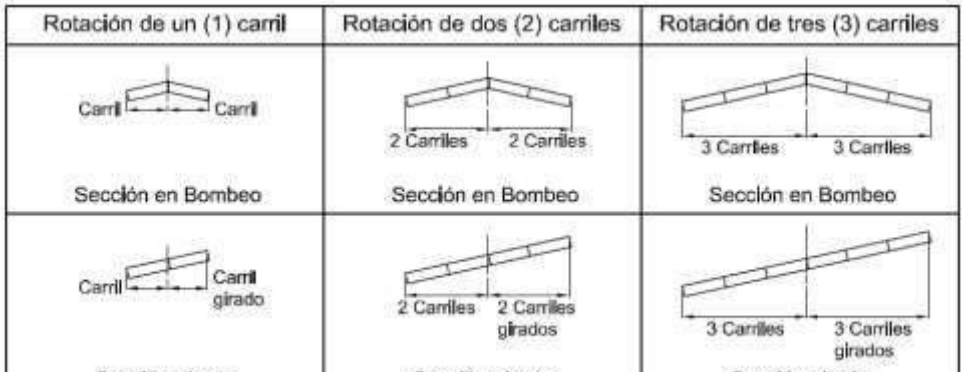


Figura No 9. *Disposición de los carriles que giran respecto a su eje de rotación*

5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION

a. Entretangencia Mínima

- **Para Curvas de Distinto Sentido**. Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrido en un tiempo de 5 segundos a la menos de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
- **Para Curvas de Mismo Sentido.** Para curvas circulares especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo de quince segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal

En los anexos, se presentan los cálculos obtenidos del peralte y de la transición del peraltado obtenidos por el programa Topo3.

b. Entretangencia Máxima

Se deben acondicionar entretangencia suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (Da), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del

diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) expresada en kilómetros por hora (km/h). Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.

c. Longitud Mínima de la Curva Circular

Para ángulos de deflexión entre tangentes menores o iguales a seis grados (6°), en el caso de que no se puedan evitar, se realizará la unión de estas, mediante una curva circular simple de tal forma que se cumplan los criterios indicados en la figura 10. La aplicación de estos criterios define la longitud mínima de las curvas circulares puesto que evita diseñar curvas circulares con longitudes demasiado cortas que generan una defectuosa apariencia de la vía y producen la sensación de quiebre forzado entre dos alineamientos rectos

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Figura No 10. *Radios para Pequeñas Deflexiones entre Alineamientos*

6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas depende principalmente de la topografía de la zona del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

6.1. TANGENTE VERTICAL

6.1.1. PENDIENTE MINIMA

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0.5% como pendiente mínima deseable y 0.3% para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

6.1.2. PENDIENTE MAXIMA

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. En las vías terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre 20 y 60 Km/h, en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Para la selección de la pendiente máxima, es necesario adoptar la pendiente máxima del corredor, la cual debe estar en consonancia con la velocidad de diseño del tramo homogéneo en la figura 11 se presentan los valores correspondientes.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÈNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

***Figura No 11**. Pendiente Media Máxima del Corredor de Ruta (%) en Función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo* (V_{TR})

6.1.3. LONGITUD MINIMA

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Especifica menor o igual a 40 Km/h, será equivalente a la distancia recorrida en 7 segundos a dicha velocidad, medida como proyección horizontal de PIV a PIV. En la figura 12 se presentan los valores para diferentes velocidades específicas de la tangente vertical (V_{TV})

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Figura No 12. *Longitud Mínima de la Tangente Vertical*

6.1.4. LONGITUD MAXIMA

- **Longitud crítica de la tangente vertical**. La longitud critica de la tangente vertical se define como la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Se considera que la longitud critica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de 25 Km/h con respecto a su velocidad medida de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

- **Pendiente de la Tangente Vertical siguiente a la de longitud crítica**. La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud critica, es del 1% en una longitud igual o mayor a la longitud critica anteriormente superada

6.2. CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe en el paso gradual

de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

Para el caso de este diseño se realizó en base al parámetro K y la longitud de transición de la curva vertical, de igual manera buscando la mejor acomodación del terreno y mejora de la visibilidad de parada. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima recomendada de acuerdo con la velocidad de diseño para cada sector.

En la figura No 13, se especifican los valores de K mínimos de acuerdo con el tipo de curva, la distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima según el criterio de operación, cabe anotar que estos datos se tomaron como referencia para el diseño del alineamiento vertical.

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

Figura No 13. *Valores de Kmín para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales*

6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la figura 14 se indican las curvas verticales cóncavas y convexas.

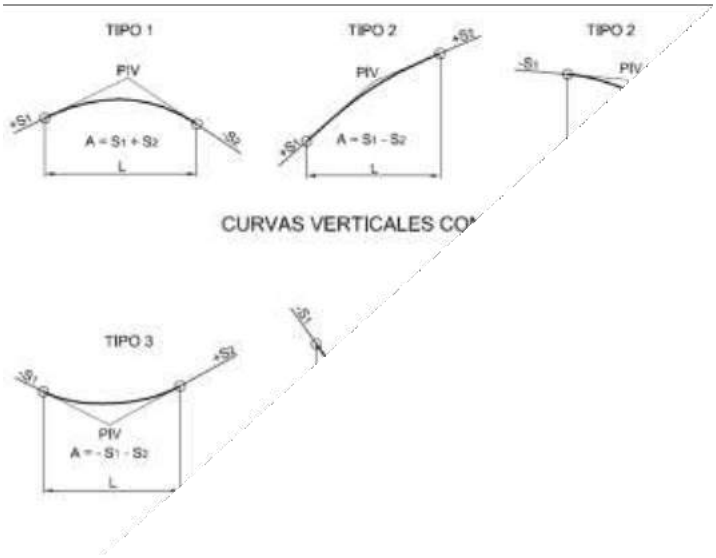


Figura No 14. *Tipos de Curvas Verticales Cóncavas y Convexas*

6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL

Dentro de los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas:

- **Criterio de Seguridad.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (D_p). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a).
- **Criterio de Operación.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de Drenaje.** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

Parámetro Visibilidad de Parada (K). La longitud de la curva es la relación del parámetro K con la sumatoria de las pendientes longitudinales, proceso de calculo que generalmente se realiza durante el proceso de cálculo con el software TOPO3, este es el método más usado para el cálculo de la longitud de la curva vertical.

En los anexos se muestran los elementos de las curvas verticales consideradas dentro del alineamiento diseñado considerando el cumplimiento de los diferentes criterios mencionados anteriormente

7. DISEÑO TRANSVERSAL

7.1. ANCHO DE CALZADA

El estudio debido a las características de la vía propone un ancho de calzada de 5.30 metros para todo el alineamiento, todo esto debido a que sobre el recorrido de la vía no se presta para aumentar el ancho de la calzada. Lo anterior, y sumado a la topografía de la vía obligo a realizar algunos cambios en el diseño con respecto al manual del Diseño de Invias.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la vía, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño de tramo homogéneo (VTR)(Instituto Nacional de Vías, 2008)

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

Figura No 14. *Ancho de Calzada en Metros*

Si bien es claro que en la figura anterior nos muestra que para los parámetros y el tipo de terreno para un valor de velocidad de tramo homogéneo para 20 Km/h, pero vale la pena anotar que las placa huellas del manual Colombia Rural tiene ancho de calzada promedio de 5 metros, y sobre esta base se realizo el diseño de esta estructura vial.

7.2. BERMA CUNETA

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 de ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura que permitiría la

filtración del agua que correría por la berma cuneta con el consecuente deterioro de la estructura vial.

7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. En la figura 16 se presentan los valores correspondientes:

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

***Figura No 16**. Bombeo de la Calzada*

Para este estudio y como la superficie de la vía es en pavimento en concreto hidráulico se decide usar un bombeo del 2% en toda la vía diseñada.

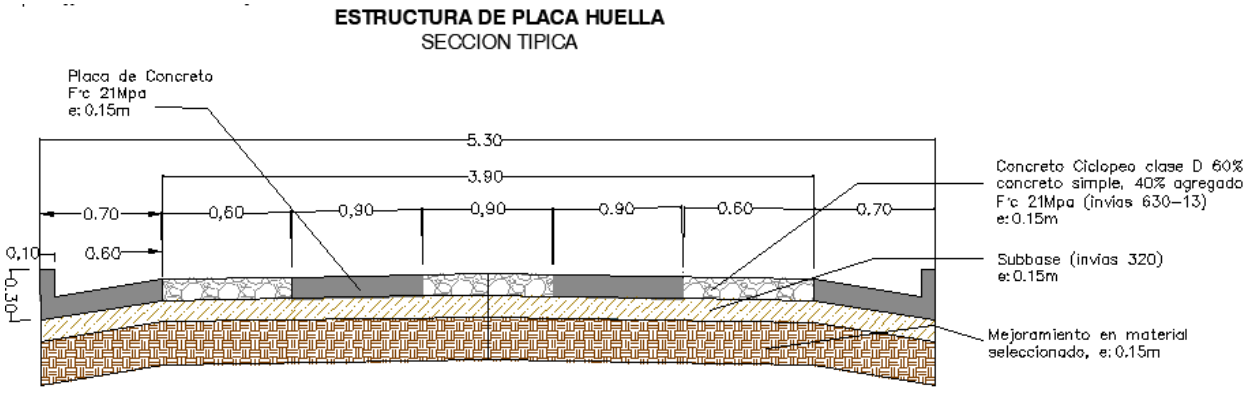
7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO

8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA

La vía se localiza en terreno ondulado con un ancho de calzada de 5.30 m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 20 km/h, se recomienda instalar

***Figura No 17.** Sección Transversal Típica Pavimento Vía Diseñada*

señalizaciones verticales en ambos extremos de la estructura vial con el fin de evitar accidentes.



8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA

Longitud	200ML
No de Corredores	1
Tipo de Terreno	Ondulado
Velocidad de Diseño	20 km/h
Ancho de Calzada	5.1 metros
Bombeo Normal	-2%
Emax	6%

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 20 Km/h, ajustando el diseño al manual de diseño geométrico de INVIAS, en algunos casos se ajustó a las condiciones actuales de la vía.

- Se adoptó un ancho de calzada de 5.3 metros para todo el diseño de la vía, de acuerdo a los parámetros establecidos en la Cartillas de Obras Menores del Instituto Nacional de Vías
- Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.
- Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

- Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2.0% para los tramos homogéneos y rectos de las vías, en los tramos con curvas horizontales se tuvo en cuenta el peralte máximo de 6.0% contemplado en el manual de INVIAS que permiten mejorar la movilidad de los usuarios, contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.
- El diseño de esta vía se hizo bajo la premisa de un vehículo de diseño C2G (Camión de dos Ejes Grande), esto luego de verificar los informes de tránsito y de diseño de la estructura vial realizados.
- Por ultimo vale anotar que las cantidades de la estructura presentada corresponde al levantamiento topográfico realizado el cual presenta un

total de 134 metros lineales, es decir, que se debe realizar el respectivo balance con el fin de revisar cual es el alcance real del proyecto de acuerdo con el presupuesto otorgado.



NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

10. BIBLIOGRAFIA

- Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico 2008*.

11. ANEXOS

- INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE
- CANTIDADES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
- INFORMES SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL
- PLANOS PLANTA – PERFIL
- PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES
- PLANOS SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL

INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE

VERTICAL

PIV	Longitud (m)			Pendiente (%		A	Tipo de	Abscisa, Cota (m)			Externa	Abscisa (	Cota Míni	Abscisa (	Cota Má	K	
#	Entrad	Salida	Estado	Entrad	Salida	%	Curva	PCV	PIV	PTV	m	m	m	m	m	Entrada	Salida
0									-0.058,63.795								
1	36	36	Posible	-3,73	-2,51	1,22	Concava	10.974,63.384	46.974,62.043	82.974,61.142	0,11					59,033	59,033
2	20	20	Posible	-2,51	-5,23	-2,72	Convexa	86.027,61.065	106.027,60.564	126.027,59.518	-0,136					14,687	14,687
3	11	11	Posible	-5,23	-5,91	-0,68	Convexa	139.183,58.831	150.183,58.255	161.183,57.606	-0,019					32,396	32,396
4	16	16	Posible	-5,91	-0,5	5,412	Concava	182.674,56.336	198.674,55.391	214.674,55.312	0,216					5,913	5,913
5									262.683,55.074								

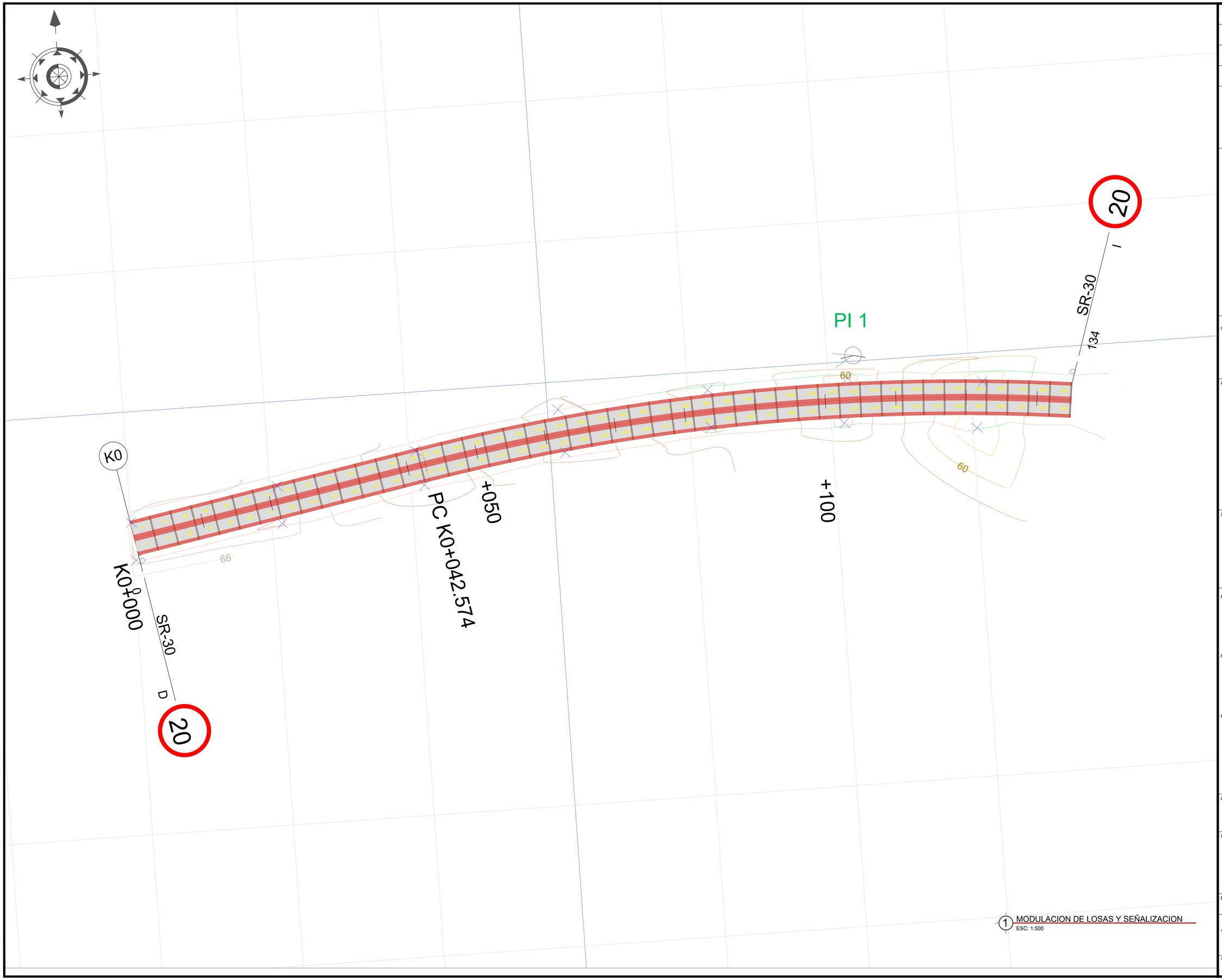
HORIZONTAL

PI#					Coordenadas		Abscisas					Longit	Tange	Radio	DeltaC	Longit	Espiral de Entrada					
	Tipo		Po	Sentid	PI	Delta	PC-TE	EC-EC1	CE-CE1	PT-ET	Total	Entrada					Le	Ae	TetaE	Xe	Ye	Xm
	PI	Curva	(S/	I/D	N,E (m)	g,m,s,ID	m	m	m	m	m	m	m	g,m,s	m		m	m	g,m,s	m	m	m
K0+000					1405782.103, 853640.326																	
1	Norma	C	S	D	1405800.81	22,56,22	42,574			165,89	123,3	62,49	308	22,56,2	123,3							
PQ-2	Norma	Sin Cu	S	D	1405774.71	5,8,21 D	222,32															
K0+262.683					1405762.359, 853898.167																	

CANTIDADES ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Tipo	Abscisa	Longitud	Materiales Estructura (m3)					Costos
Punto	m	m	[4] Subba	[5] Concre	[6] Concre	[7] Rellen	[9] Piedra	Seccion (millones)
	0							
		10	9,226	3,798	2,7	0,006	4,8	
	10							
		10	9,226	3,798	2,7	0,005	4,8	
	20							
		10	9,226	3,798	2,7	0,007	4,8	
	30							
		10	9,226	3,798	2,7	0,008	4,8	
	40							
		2,574	2,375	0,978	0,695	0,001	1,236	
PC	42,574							
		2,426	2,238	0,921	0,655	0,001	1,164	
	45							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	50							
		5	4,613	1,899	1,35	0,004	2,4	
	55							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	60							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	65							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	70							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	75							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	80							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	85							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	90							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	95							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	100							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	105							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	110							
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4	
	115							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	120							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	125							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	130							
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4	
	135							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	140							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	145							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	150							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	155							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	160							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	165							
		0,887	0,819	0,337	0,24		0,426	
PT	165,887							
		4,113	3,795	1,562	1,11		1,974	

	170								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	180								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	190								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	200								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	210								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	220								
		2,318	2,138	0,88	0,626		1,112		
PQ	222,318								
		7,682	7,088	2,918	2,074		3,688		
	230								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	240								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	250								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	260								
		2,683	2,475	1,019	0,724		1,288		
	262,683								
		0							
Totales V	Totales V	Totales Volú	242,356	99,758	70,924	0,068	126,088		
Costos T	Costos T	Costos Totales (millones) :							



1 MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION
ESC: 1:500

REVISIÓN | PLANO. PLACA HUELLA | PLANCHA No. 03

ARCHIVO | FECHA ABRIL DE 2024 | ELABORACIÓN

ESCALA INDICADA

CONTIENE MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION

OBJETO

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA CIEBA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DE PARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

CONVENCIONES

CONVENCIONES	
EJE	
LATERAL	
CERCA	
CANCAMANILLA	
BOXCOULVERT	
TARAMENTO	
ASFALTADA	
PLACA HUELLA	
COLEGIO	
ARBOL	
POSTE	
DELTA	
GPS	

SOLICITÓ:

REALIZÓ:
NELSON MOLINARES DORIA
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES
MAT. 081037-0583064 COR
FIRMA:

REVISO:
JUAN CAMILO MARTIEZ PEREZ
INGENIERO CIVIL
C.C: 1067892011
FIRMA:

REVISO

LOCALIZACION
SANTA ROSA DEL SUR, BOLIVAR

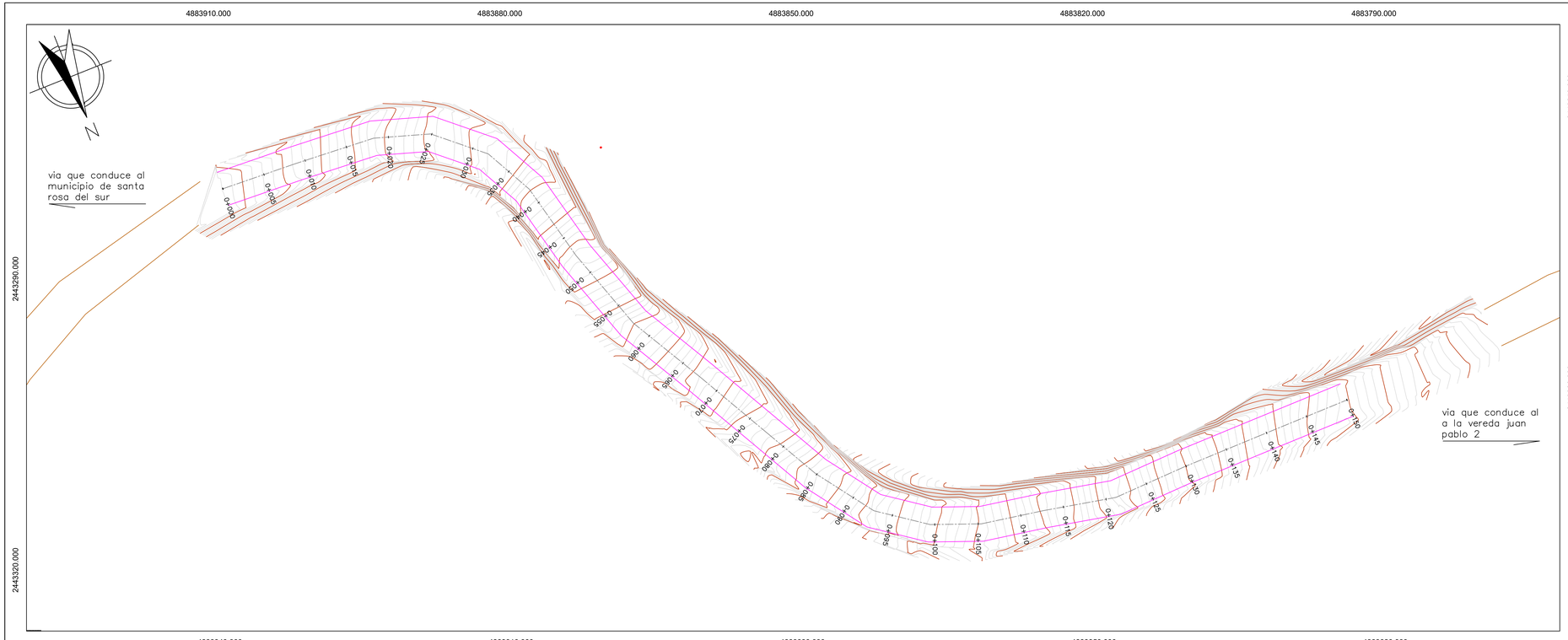
CONTIENE
MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION

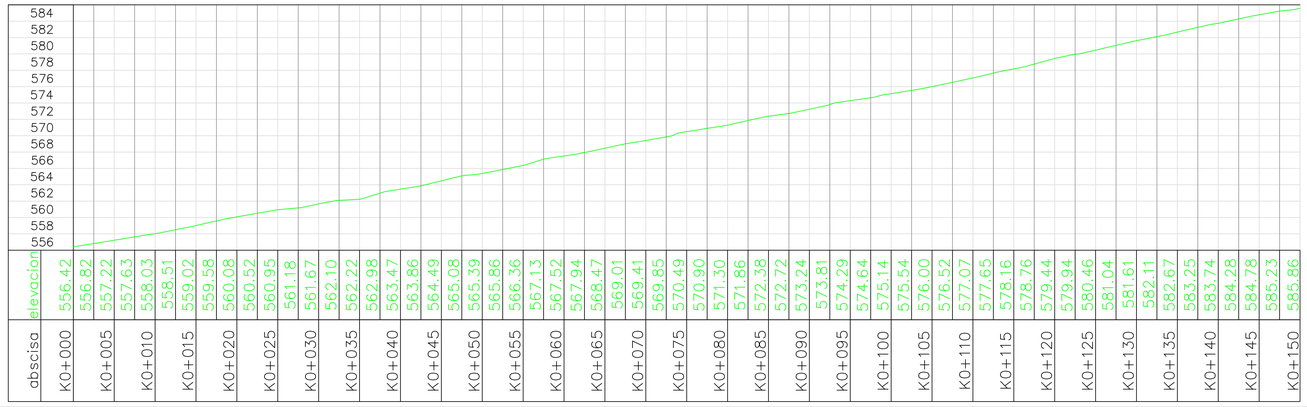
ESCALA INDICADA

ARCHIVO | FECHA ABRIL DE 2024 | ELABORACIÓN

REVISIÓN | PLANO. PLACA HUELLA | PLANCHA No. 03

FORMATO: ISO Full Bleed B1 (1000 mm x 707 mm)





abscisa	elevacion
K0+000	556.42
K0+005	556.82
K0+010	557.22
K0+015	557.63
K0+020	558.03
K0+025	558.51
K0+030	559.02
K0+035	559.58
K0+040	560.08
K0+045	560.52
K0+050	560.95
K0+055	561.18
K0+060	561.67
K0+065	562.10
K0+070	562.22
K0+075	562.98
K0+080	563.47
K0+085	563.86
K0+090	564.49
K0+095	565.08
K0+100	565.39
K0+105	565.86
K0+110	566.36
K0+115	567.13
K0+120	567.52
K0+125	567.94
K0+130	568.47
K0+135	569.01
K0+140	569.41
K0+145	569.85
K0+150	570.49
	570.90
	571.30
	571.86
	572.38
	572.72
	573.24
	573.81
	574.29
	574.64
	575.14
	575.54
	576.00
	576.52
	577.07
	577.65
	578.16
	578.76
	579.44
	579.94
	580.46
	581.04
	581.61
	582.11
	582.67
	583.25
	583.74
	584.28
	584.78
	585.23
	585.86

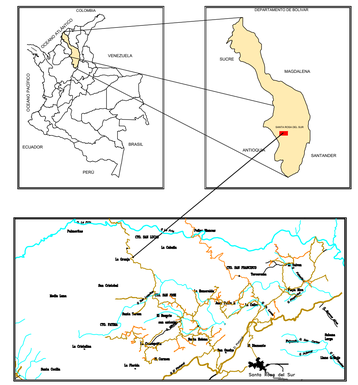
CONVENCIONES ESPECÍFICAS

- CURVAS DE NIVEL
- EJE
- TRAMO LA CEIBA
- VIA DESTAPADA

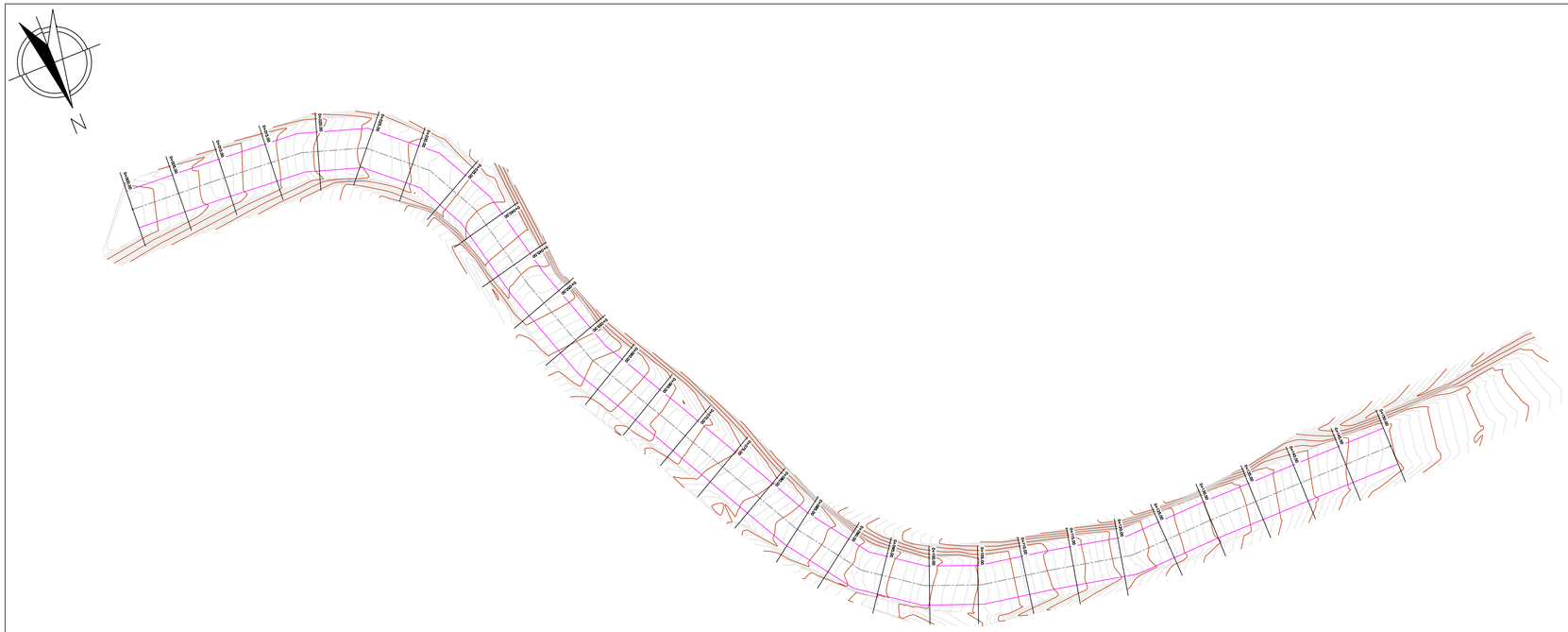
ORIGEN DE COORDENADAS

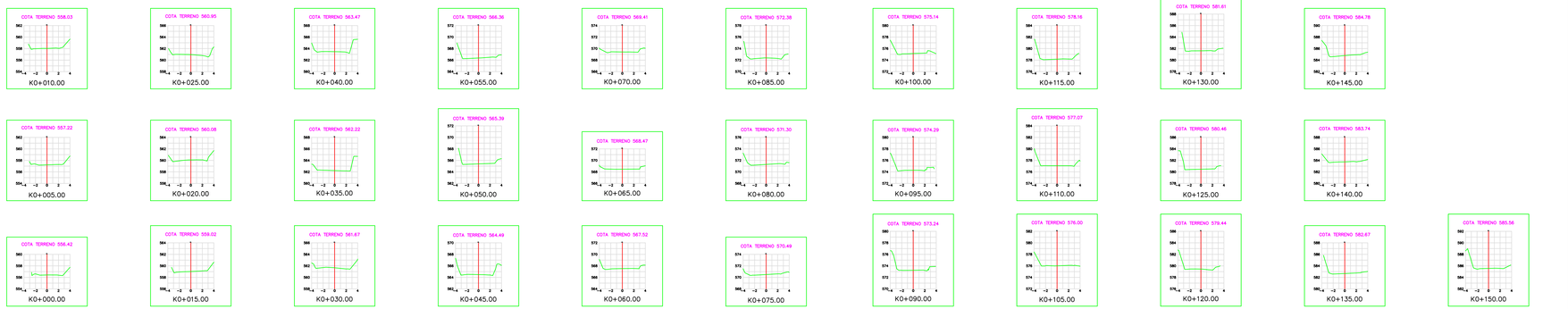
Sistema de coordenadas: CTM12
Proyección: Transversa Mercator
Datum: MAGNA
Falso Este: 5,000,000
Falso Norte: 2,000,000
Meridiano Central: -73°
Factor de escala: 0.9992
Latitud de Origen: 4°
Unidades: metros

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Nombre del mapa:	LEVANTAMIENTO ALTIPLANIMETRICO PARA DISEÑO DE PLACAHUELLA	Vereda:	LA CEIBA	Municipio: SANTA ROSA DEL SUR	Departamento: BOLIVAR
Levanto:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Dibujo:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Escala gráfica: 0 25	Escala: 1:250
Reviso:		Fecha:	03-2023	Plano 01 de 01	

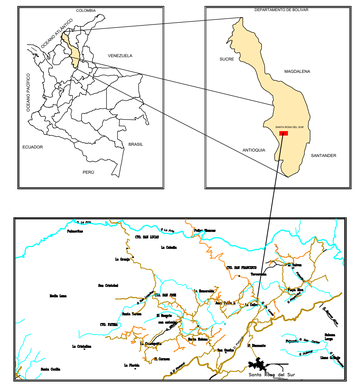




CONVENCIONES ESPECÍFICAS

- CURVAS DE NIVEL
- EJE
- TRAMO SAN BENITO
- VIA DESTAPADA

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Nombre del mapa:	LEVANTAMIENTO ALTIPLANIMETRICO PARA DISEÑO DE PLACAHUELLA		Vereda: LA CEIBA	Municipio: SANTA ROSA DEL SUR	Departamento: BOLIVAR
Levanto:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Dibujo: TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Escala gráfica: 0 — 25	Escala: 1:250	
Reviso:			Fecha: 03-2023	Plano 01 de 01	

VEREDA LA CUMBRE

DISEÑO DE ESTRUCTURA PLACA HUELLA

"CAMINOS COMUNITARIOS PARA LA PAZ CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR."



LOCALIZACION:

MUNICIPIO DE SANTSA ROSA DEL SUR BOLIVAR

SOLICITANTE:

JUNTA DE ACCION COMUNAL MUNICIPIO DE SANTA ROSA BOLIVAR

MAYO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4
2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO 5
3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE 5
4. OBJETIVOS 6
4.1 Objetivo general 6
4.2 Objetivos específicos 6
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7
6. METODOLOGIA 10
7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA 11
7.1 Periodo y Transito de Diseño 11
7.2 Descripción del Modelo 11
7.3 Determinación de la Carga Aplicada a la Placa Huella 12
7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas 12
7.3.2 Vehículo de Diseño 13
7.3.3 Carga por Peso Propio 16
7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella 17
7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño 17
7.4.2. Criterio del instituto del asfalto 18
7.4.3. Criterio de Promedio 20
7.4.4. Análisis CBR de diseño 21
7.5.Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente. 22
7.5 Resultados de la Evaluación del Modelo del Pavimento en Placa Huella 27
7.5.1 Diseño de Viga Riostra 31
7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta 33
7.6 Juntas 35
7.6.1 Junta Transversal 35
7.6.2 Junta Longitudinal 37
8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA 38
8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra 38

Características de los materiales 39
8.2 Concreto Ciclópeo 39
Características de los materiales 40
8.3 Acero 41
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42

GEOTECNOLOGÍA S.A.
ingeniería y contrc

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto geométrica como estructuralmente las vías de un proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en calcular y dimensionar la estructura de placa huella. Además, Se consignan una serie de recomendaciones constructivas las cuales se aconseja respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la estructura de diseño y una alta precisión de las cantidades de obra durante la ejecución del proyecto. Así como también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de estructura a emplear.

GEOTECNOLOGÍA S.A.
ingeniería y contrc

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto busca obtener la mejor configuración de la estructura del pavimento tipo placa huella que será construido en la vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda La cumbre, ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur departamento de Bolívar, El pavimento con Placa-huella constituye 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.

En el presente estudio se analizó el comportamiento de los pavimentos de placa huella con losas continuamente reforzadas, el análisis se realiza mediante un modelo de elementos finitos para evaluar la respuesta de la placa huella a las cargas críticas del tránsito, con diferentes calidades de apoyo para determinar la respuesta de las placas y proponer diseños que se ajusten a las condiciones de uso nacionales, todo esto basado en lo establecido Resolución 04401 de 2017 – "Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella".

3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

RES. 04401 DE 2017	Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella.
NTC-2289	Barras Corrugadas y Lisas de Acero, para refuerzo de
concreto. NSR-10	Norma Colombiana de Construcciones Sismo
Resistentes.	
CCP-14	Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- ✓ Realizar el diseño estructural para la vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda La cumbre, ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur, departamento de Bolívar en pavimento tipo Placa Huella.

.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Dimensionar los elementos que componen el tipo de pavimento Placa Huella.
- ✓ Presentar recomendaciones técnicas para la construcción del proyecto.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Santa Rosa del Sur es un municipio de Colombia, ubicado al norte del país, en el departamento de Bolívar, a 720 km de Cartagena de Indias, la capital departamental. Se encuentra enclavada en el sistema orográfico de la Serranía de San Lucas, en la Subregión del Medio. Está ubicado estratégicamente en el Sur de Bolívar, La geografía del territorio municipal se caracteriza por ser una zona montañosa, debido a que se encuentra en la porción final de la cordillera central, en las inmediaciones de la serranía de San Lucas.

La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 600 msnm, la municipalidad se encuentra entre los 50 y los 2000 msnm. Esta región es privilegiada pues se encuentra equidistante y estratégicamente ubicada cerca de los grandes centros poblacionales, comerciales e industriales del interior del país, cuenta con un clima templado-cálido y abundantes fuentes hídricas lo que facilita el asentamiento urbano. Su posición geográfica es 7° 57' 48" de Latitud Norte y 74° 3' 12" de longitud



Figura 1. Localización General de la zona.

La zona de trabajo del proyecto "CAMINOS COMUNITARIOS PARA LA PAZ CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR." es una vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda La cumbre, ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur (Bolívar), en el cual se presenta una topografía fuertemente ondulada. a una altitud promedio de 1070.00 msnm.

A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de la vía en el municipio.



Figura 2. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía La cumbre – Santa Rosa del Sur	3.6	0.7	150

6. METODOLOGIA

El presente estudio tiene como objetivo la aplicación del diseño de placa huella expuesto en la resolución 04401 de 2017, que servir de base para el desarrollo de los estudios y diseño de la estructura de pavimento en placa huella, para el caso en estudio de la vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda La cumbre, ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur (Bolívar).

La metodología de diseño consistió en aplicar el Modelo de Elementos Finitos (FEM) para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentarían debido a la aplicación de las cargas vivas y muertas, tanto mayoradas como sin mayorar, en función de las exigencias de los códigos NSR-2010 y CCP-14, con los resultados obtenidos asociados a momentos, (M), cortantes (V), cargas (P), sea en placas o elementos viga o Beam (Frame), se procede a aplicar la Teoría de Resistencia I propuesta en el CCP-14, incluyendo la metodología de cálculo expuesta en dicho código para el diseño a momento y cortante.

Para El cálculo de los esfuerzos y deformaciones se llevó a cabo mediante elementos finitos tridimensionales, colocando la carga sobre la posición que genera el máximo esfuerzo de tensión en el concreto, la cual corresponde a la carga de borde en el centro longitudinal de la placa. Para el caso del eje tándem, la posición más crítica se presentó cuando uno de los ejes del tándem se ubica en el borde en el centro longitudinal de la placa. Con base en los resultados de la modelación se decidió evaluar placas-huellas en concreto simple de 0.90 m de ancho y 1.0 m de longitud, dimensiones que permiten controlar los esfuerzos máximos de tensión y el efecto del gradiente de temperatura.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA

7.1 Periodo y Transito de Diseño

En Para el presente estudio se considera las recomendaciones obtenidas en el estudio de tránsito con un periodo de diseño de 20 años, el cual se utilizará para todos los análisis pertinentes, periodo que debe coincidir con la vida útil del pavimento.

Para el horizonte de diseño y teniendo la tasa de crecimiento anual definida se estima un número de ejes equivalentes de 8.2 ton en 35.582.

7.2 Descripción del Modelo

La 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 2). El modelo consistió en 7 módulos de 3.0 metros 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.

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

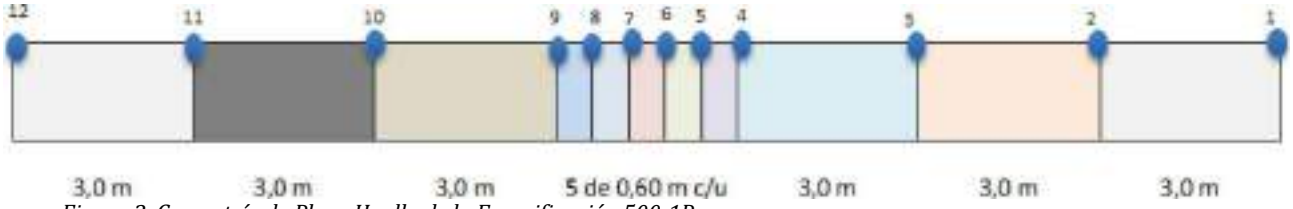


Figura 2. Geometría de Placa Huella de la Especificación 500-1P.

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.

7.3 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 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.

7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas

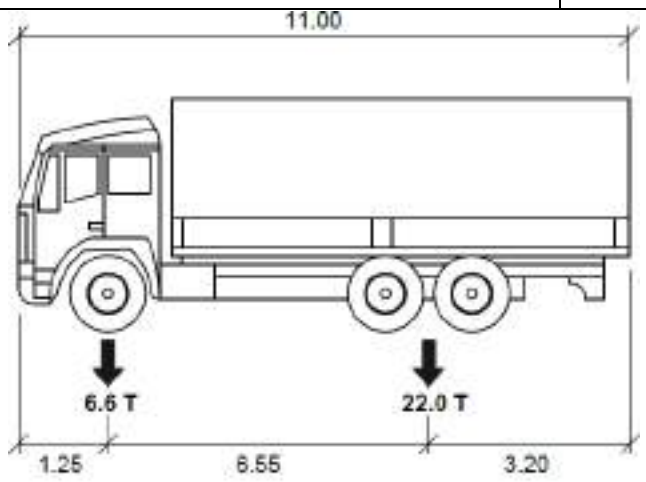
Para obtener un grado de confiabilidad alto, la determinación de las cargas a considerar en el diseño de pavimentos con placa huella debe minimizar las posibilidades de falla por incertidumbre en la estimación de cargas. Ante la poca información existente sobre

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

7.3.2 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 (Figura 3). 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).

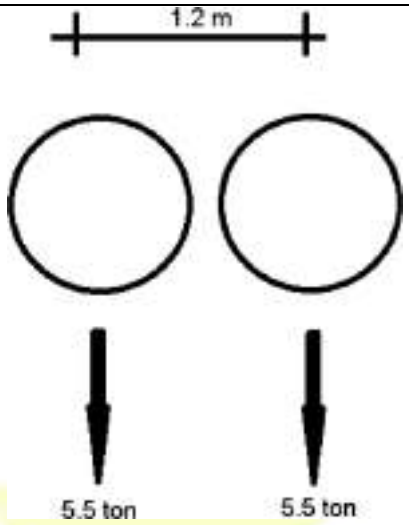


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 3. Vehículo de Diseño. Camión C-3.

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 4.

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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 4. Distribución de Carga en el Semieje Tándem del Camión C3.

GEOTECNOLOGÍA S.A. ingeniería y contrc

7.3.3 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= Factor 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, 25 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 1,9 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.

- **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.

7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella

Partiendo de las recomendaciones hechas en el estudio de suelos realizado por la empresa Geocimientos S.A.S., que recomienda para la construcción de la placa huella, el CBR de diseño será igual a 2.88% Como se expresa a continuación.

RESUMEN CBR				
APIQUE	PROFUNDIDAD m	HUMEDAD DEL ESTRATO %	CBR NATURAL	CBR SUMERGIDO
1	0,00m-0,60m	4.80%	3.60%	2.88%
	0,60m-1,50m	4.70%		
2	0,00m-1,00m	9.80%	3.60%	2.88%
	1,00m-1,5m	6.10%		

Fuente: Estudio de Suelos.

Tabla 2. Resultados CBR Vía.

7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño

El CBR de diseño obtenido será utilizado para los cálculos de pavimento rígido, las metodologías más utilizadas para la selección del CBR de diseño son las siguientes:

- Criterio del instituto del asfalto.
- Criterio de la media.

7.4.2. Criterio del instituto del asfalto

Este método recomienda tomar un valor de tal manera que el 60%, 75% o el 87.5% de los valores individuales de CBR sea igual o mayor que el que se está tomando de referencia. El percentil se escoge según el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño, como se ilustra en la siguiente tabla:

NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
≤ 104	60.0
104 – 106	75.0
≥ 106	87.5

Tabla 3. Percentiles para determinar el CBR de diseño

Fuente: Información tomada del libro Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras, Volumen I, del Señor Carlos Hernando Higuera Sandoval

El procedimiento para determinar el CBR de diseño es el siguiente:

- Calcular el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño.
- Ordenar de menor a mayor los resultados de los CBR y determinar en porcentaje los valores mayores o iguales a cada uno.
- Se realiza una gráfica de CBR vs porcentajes mayores o iguales de cada uno.
- Con el percentil escogido se intercepta la curva de la gráfica trazando una línea paralela desde el eje de las Y, en donde corte se baja perpendicularmente en la intersección al eje de las X.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DEL INSTITUTO DEL ASFÁLTO

ENSAYO No.	CBR (%)	NÚMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE DE VALORES IGUALES O MAYORES
1	2.16	2	100%
2	2.16	1	50%

Tabla 4. Porcentajes de valores de CBR mayores o iguales a cada uno.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior se obtiene la siguiente figura.

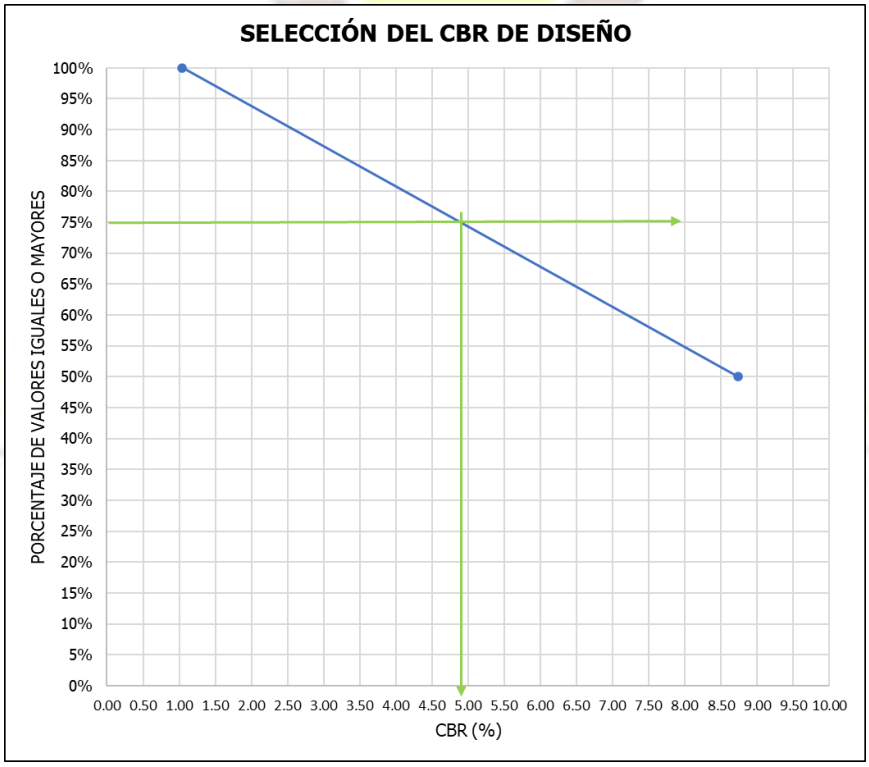


Figura 5. Selección del CBR de diseño, criterio Instituto del Asfalto.
Fuente: Elaboración propia.

Para un percentil del 75.0% el CBR de diseño es 2.16%

7.4.3. Criterio de Promedio

Este criterio consiste en determinar aquel valor en el cual la mitad de los valores quedan por debajo y la mitad por arriba del valor calculado. Al valor seleccionado se le disminuye la desviación estándar. El valor de la desviación estándar depende del nivel de confianza con que se realiza el diseño, como se muestra en la siguiente tabla.

NIVEL DE CONFIANZA (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

Tabla 5. Desviación estándar para diferentes niveles de confianza.

Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño se determina con la siguiente expresión:

CBR Diseño = CBR Medio – (Z* Desviación estándar CBR)

Para un nivel de confianza del 85%, se obtuvo el siguiente valor de CBR de diseño.

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DE LA MEDIA	
NIVEL DE CONFIANZA (%)	**DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)**
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)	1.00
DESVIACIÓN DE LOS VALORES DE CBR	0.00
PROMEDIO CBR	3.60
CBR DE DISEÑO	**3.60%**

Tabla 6. Determinación CBR de diseño criterio de la media.

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Análisis CBR de diseño

Realizando un análisis de los resultados obtenidos mediante las metodologías del criterio del instituto del asfalto y de la media se puede evidenciar que la diferencia entre los valores arrojados por cada una es mínima, por ende, cualquiera de los dos métodos es válido para determinar el CBR de la subrasante de una unidad de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

MÉTODO	CBR DE DISEÑO (%)
Instituto del asfalto	2.16%
Media	3.60%
Promedio	**2.88%**

Tabla 7. Comparación de los métodos para determinar el CBR de diseño
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, como valor de CBR de diseño se adopta el promedio de las dos metodologías. A continuación, se presenta una metodología para calcular CBR de diseño equivalente para cumplir la relación en función del espesor del material de mejoramiento y CBR del material de mejoramiento que en este caso sería el mínimo valor del CBR mínimo de 13%.

7.5. Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla, debe tener un valor de CBR mínimo de 5% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es Mr=2555*(CBR0.64) *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)

E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)

E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2) n: Modulo ponderado de las capas

s: Espesor del material de mejoramiento (cm)

a: Radio del área cargada (cm)

La ecuación permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia o CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 13%, de esta forma podemos

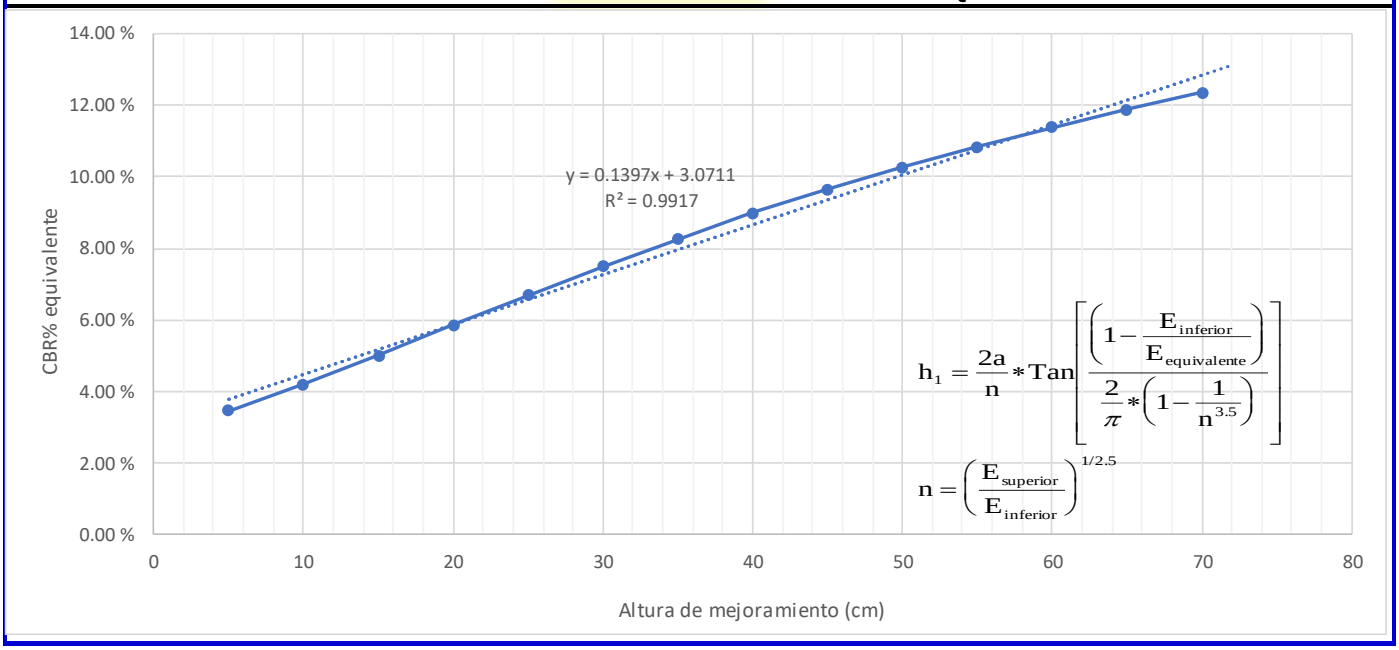
conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la tabla siguiente se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

Metodología Ivanov		
CBR Subrasante (%)	2.88	CBR suministrado estudio geotécnico ✓
CBR Material de Afirmado (%)	13	CBR del material de remplazo
MR subrasante(Kg/cm2)	223,82	Modulos resilientes por correlación (MR=2555*CBR^0.64)*0.070307. Lister y Powell (1987)
MR SBG (Kg/cm2)	784,13	
n	1,47	Modulo ponderado de las Capas
2a (cm)	30,14	Radio del area cargada (15.07)
s (cm)	15	Espesor del material de mejoramiento
MR Equivalente (Kg/cm2)	503,35	Modulo resiliente equivalente (Ivanov)
MR Equivalente (PSI)	7472,85	
CBR de Diseño Equivalente (%)	5,00	CBR de diseño ✓

De lo anterior se infiere que el mejoramiento que debe tener la estructura de la placa huella es de 15 cm para la unidad de diseño a lo largo de todos sus tramos viales, además de presentar un CBR de 10%.

CBR_{SBR}	$E_{inferior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	5	398.43	3.47 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	10	449.69	4.19 %
2.88 %	***353.51***	***927.5***	***30.14***	***1.47***	***15***	***503.35***	***5.00 %***
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	20	556.11	5.85 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	25	605.95	6.68 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	30	651.97	7.49 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	35	693.95	8.26 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	40	732.06	8.98 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	45	766.58	9.65 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	50	797.87	10.28 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	55	826.28	10.85 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	60	852.14	11.39 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	65	875.75	11.88 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	70	897.35	12.35 %

RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE



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 subbase apoyada sobre la subrasante natural o mejorada, 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 subrasante (ecuación 1). Con base en la ecuación 1 y las correlaciones de la PCA entre el módulo resiliente y módulo de reacción de la subrasante se construyó la Tabla 3.

MR: 1500*(CBR%) *(Ecuación 1)*

Donde,

MR: Modulo resiliente de la subrasante en PSI

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante

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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 8. Correlación entre el Módulo de Reacción de la Subrasante 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 9, que considera el efecto sobre el módulo de reacción de una subbase sin tratar colocada sobre la subrasante.

K subrasante [kN/m3]	Espesor de Subbase en (m)

	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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 9. Módulo de Reacción del Conjunto Subrasante - Subbase [kN/m3] (modificada de Huaung, 2004)

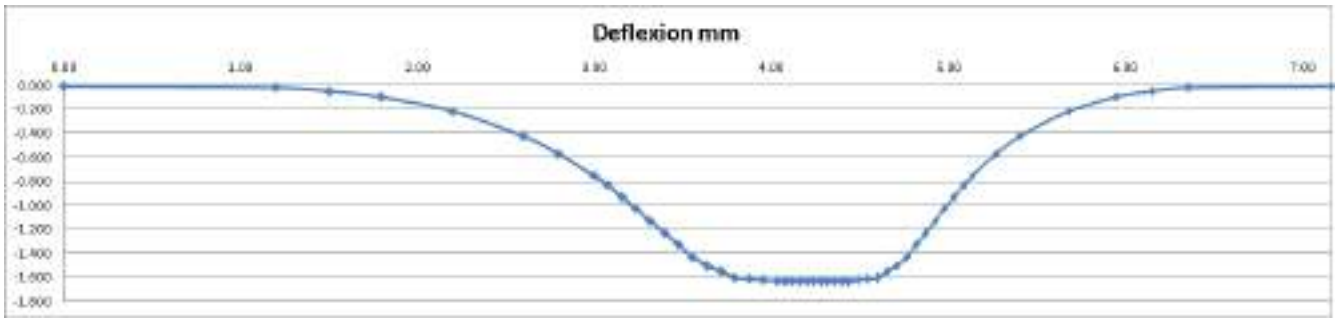
De acuerdo con lo anterior para una subrasante mejorada con un CBR de 5,00% y una subbase granular de 0.15 metros, el módulo de reacción del conjunto subrasante-subbase corresponde a 42,279.59 KN/m3.

7.5 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:

- Ancho de banda: 0.90 metros (ancho de la placa huella)
- Módulo de elasticidad del concreto: 2.1*106 kN/m2
- Módulo de reacción del soporte: 42,279.59 kN/m3
- Momento de inercia del cimiento: 2,53125*10^{-}4

En las Figuras 6 y 7 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.

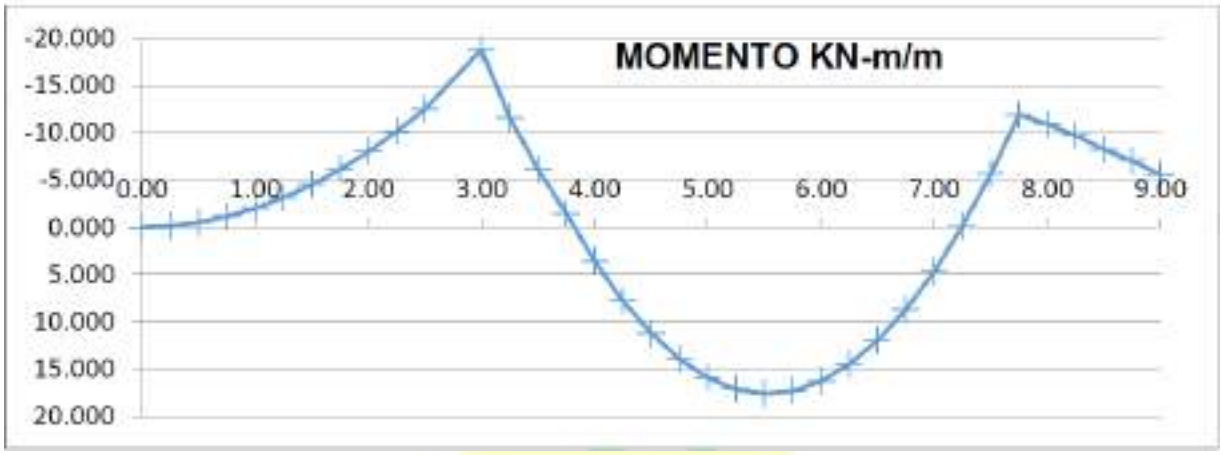


Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6. Deflexiones en la Placa Huella.

La Figura 7 muestra que el momento máximo que se presenta en la placa huella corresponde a 18.62 kN-m. Una placa huella de 0.15 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.



Fuente: Elaboración Propia.

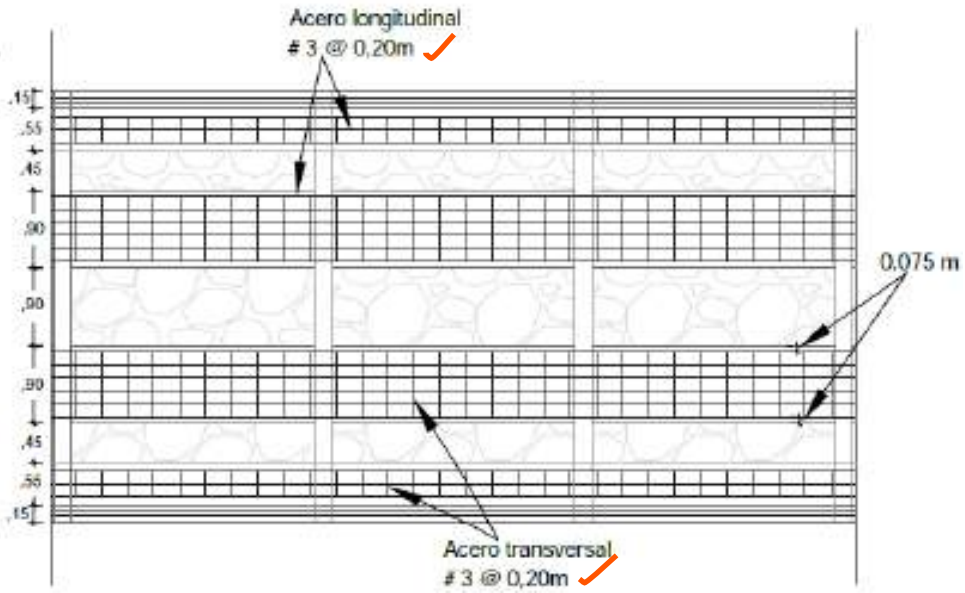
Figura 7. Momentos en la Placa Huella.

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

0.15 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.

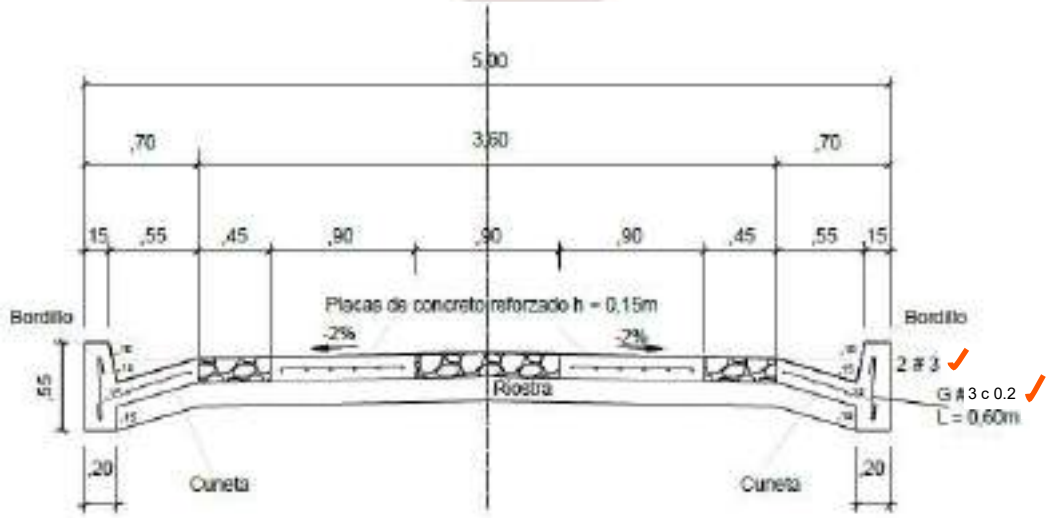
Con el fin de fijar el acero de refuerzo longitudinal se recomienda la colocación de acero transversal con barras # 3 cada 20 centímetros, con el propósito fijar el acero longitudinal, evitar desplazamientos durante la construcción y permitir una mejor distribución de esfuerzos transversalmente.

En caso de requerirse placas huellas con ancho superior a los 90 cm, por ejemplo, en los sobre anchos de la curvas, se debe conservar el mismo acero de refuerzo, con igual distribución que en las placa huellas de 0.90 metros 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.



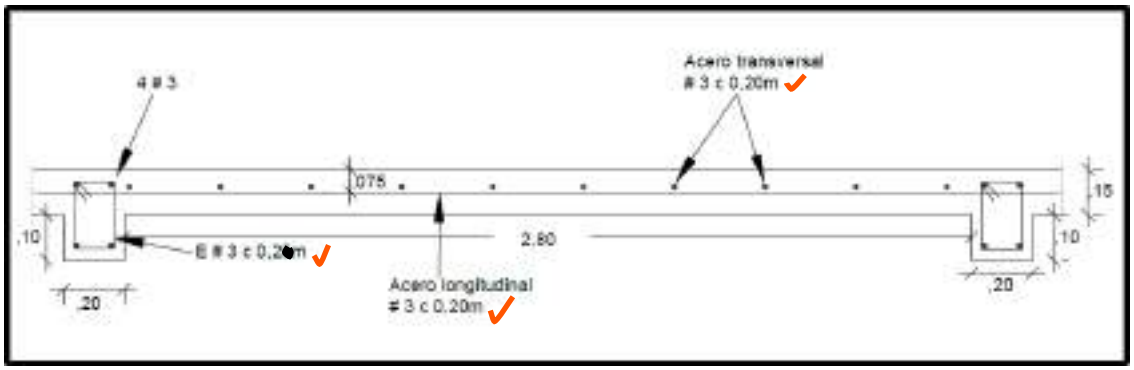
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 8. Planta de Distribución del Refuerzo – Placa Huella.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 9. Corte Transversal – Placa Huella.

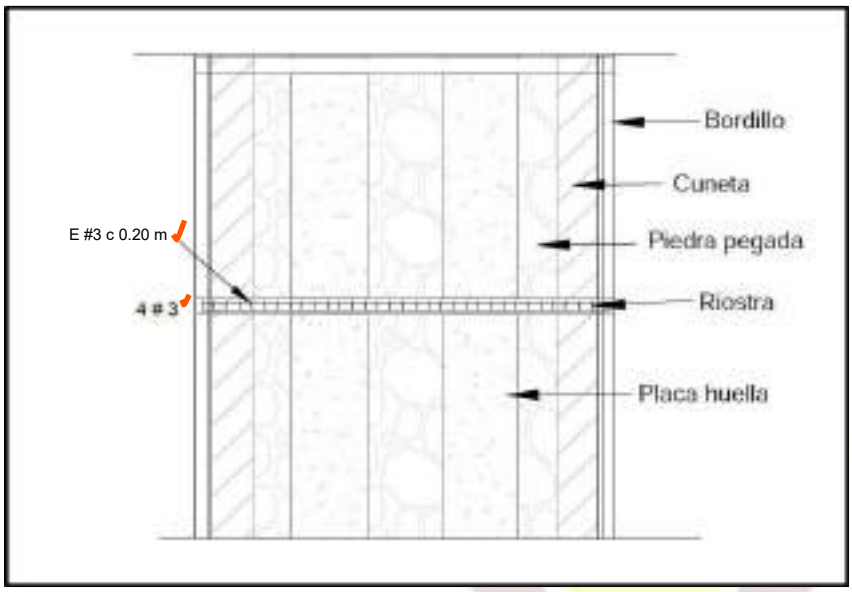


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 10. Corte Longitudinal - Placa Huella.

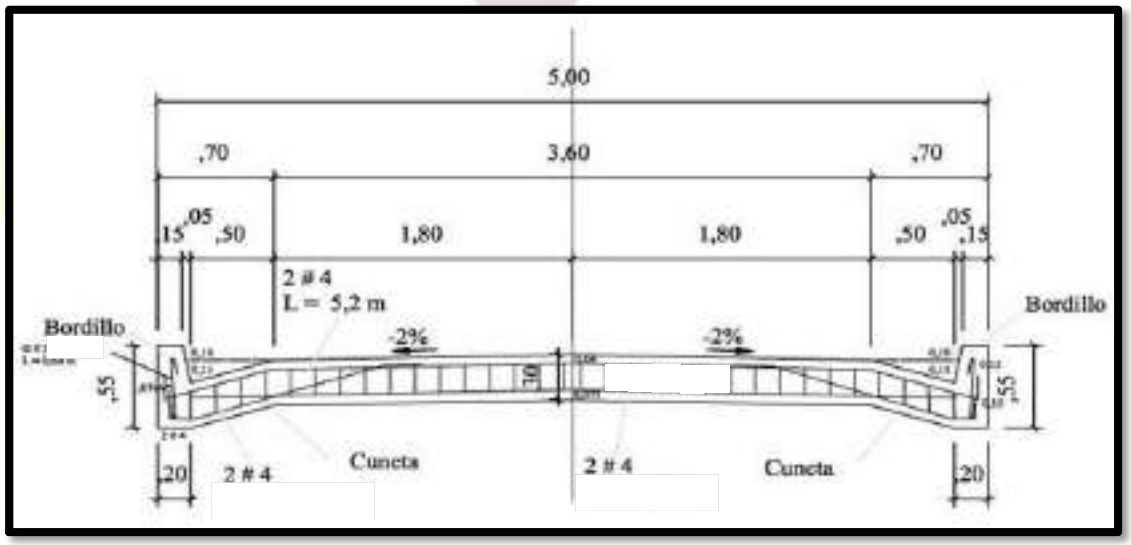
7.5.1 Diseño de Viga Riostra

Las riostras son elementos cuya función es confinar la subbase 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 20 centímetros.



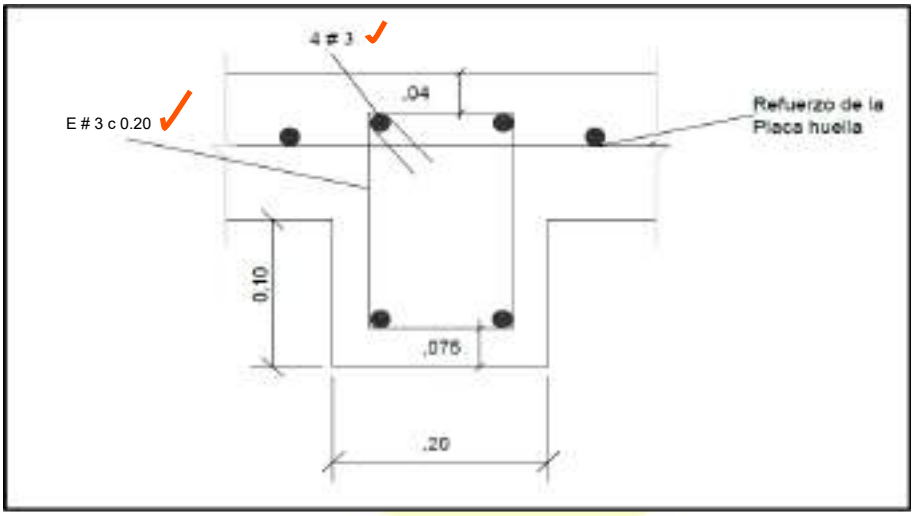
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 11. Planta de Distribución del Refuerzo – Viga Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 12. Corte Longitudinal – Viga Riostra.



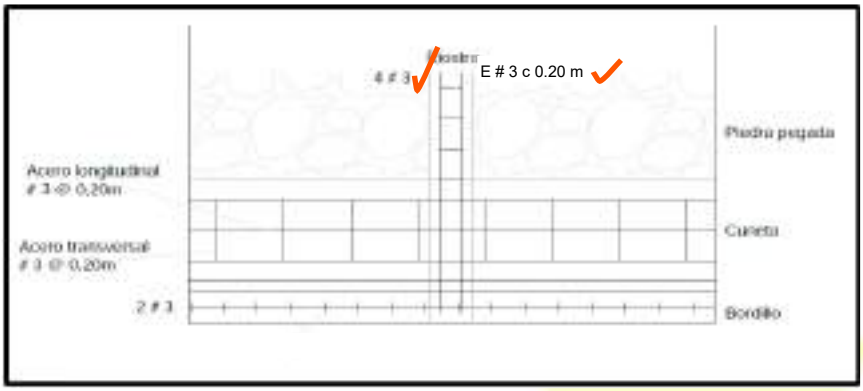
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 13. Corte Transversal Sección en Placa Huella – Viga Riostra.

7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta

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.

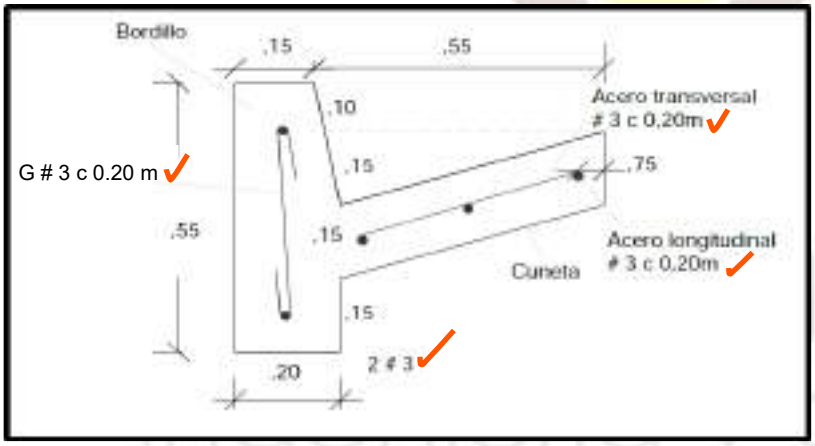
A continuación, se presentan los detalles de la berma-cuneta y el bordillo.



E # 3 c 0.20 m

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 14. Planta de Distribución del Refuerzo – Berma-Cuneta.



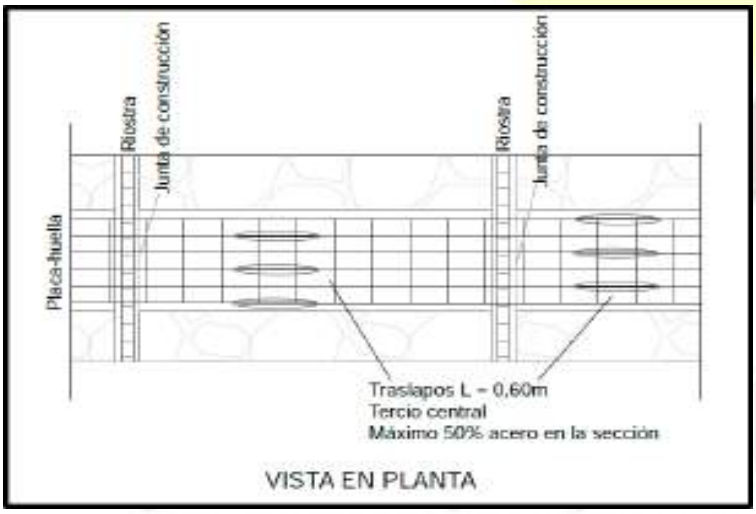
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 15. Corte Berma-Cuneta.

7.6 Juntas

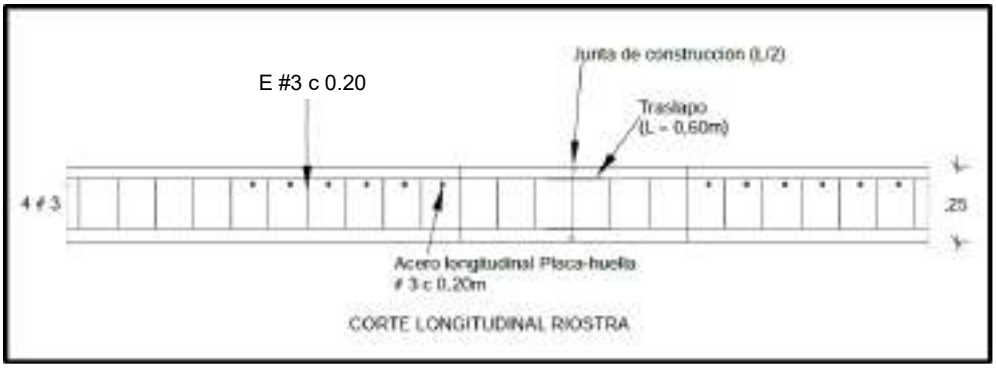
El modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, afín de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción.

7.6.1 Junta Transversal



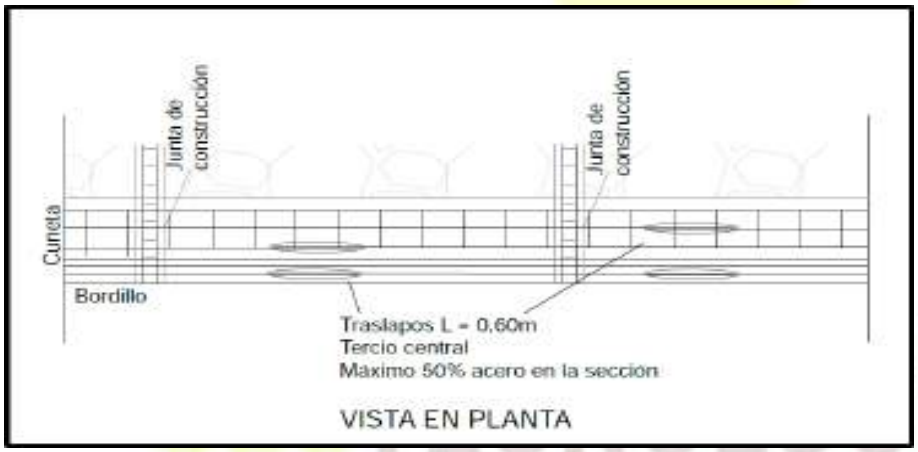
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 16. Junta transversal de construcción en la Placa-Huella.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

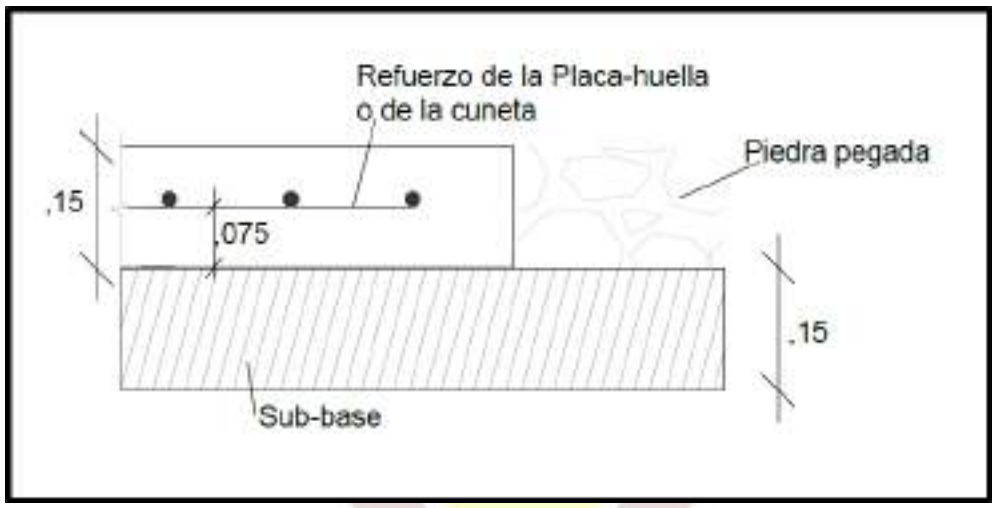
Figura 17. Junta transversal de construcción en la Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 18. Junta transversal de Construcción en la Berma-Cuneta.

7.6.2 Junta Longitudinal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 19. Junta Longitudinal etren la Placa-Huella o Berma Cuneta y la Piedra Pegada.

8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA

8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra

En la mayoría de las obras de pavimentación con placa-huella el concreto utilizado se fabrica en la vía, en donde no existen los medios para ejercer un control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la inversión en un pavimento con placa-huella es cuantiosa y que éste debe permanecer durante décadas en condiciones de servicio satisfactorias resulta obligatorio utilizar una mezcla de concreto que ofrezca garantía de durabilidad.

Por la razón anterior, que no es otra que garantizar la durabilidad del concreto sometido a la intemperie y al desgaste producido por la fricción al paso de las llantas de los vehículos, la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable que en este caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

Una vez identificada la fuente de agregados a utilizar en el proyecto es indispensable realizar, en laboratorio, el diseño de la mezcla de concreto incluyendo los ensayos de calidad a los agregados los cuales deben cumplir los requisitos para concreto estructural establecidos en las especificaciones vigentes del Instituto Nacional de Vías.

Ahora bien, si se realiza en la obra un control de calidad básico 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, 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 no es difícil lograr una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg/cm2.

Características de los materiales

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg /cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho milímetros (38 mm).
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

8.2 Concreto Ciclópeo

La principal función de la piedra pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos con placa-huella reforzada, por ende, ésta no tiene capacidad estructural y por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión de esfuerzos con los otros elementos del pavimento con placa-huella.

En las franjas de piedra pegada, cuyo material se asimila a un concreto ciclópeo, es necesario tener en cuenta que al igual que las placas-huella también van a estar sometidas al deterioro producido por el efecto del clima (sol y lluvia) y por el desgaste producido por la abrasión generada por las llantas de los vehículos así sea esporádica la circulación sobre ellas. Además, estas franjas deben permanecer durante más de veinte años sin evidenciar deterioros significativos.

La especificación INV Art 630 - 2013 establece una resistencia del concreto menor para el ciclópeo.

Lo anterior bajo el entendimiento que el concreto ciclópeo es para usos diferentes al de una eventual circulación de vehículos sobre este material.

Basados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella (Resolución Invias 04401 del 17 de octubre de 2017), en aras de velar por la durabilidad del pavimento con placa- huella, también determina que el concreto incorporado en las franjas de piedra pegada tenga una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2. ✓

En cuanto a la piedra a utilizar se recomienda que sea de canto rodado ya que estas piedras presentan una mayor resistencia al desgaste.

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:

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg/cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho (38 mm) milímetros.
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.
- Tamaño máximo de agregado ciclópeo Tmáx. = entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.
- Deben ser cantos rodados. Nacional de Vías.

8.3 Acero

El acero se define por su resistencia y se contempla mínimo de
fy: 4200 Kg/cm2 ≤ fy ≤ 5200 Kg/cm2. ✓

Independiente del diámetro o varilla a usar en los elementos estructurales. Según las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con las Normas NTC-2289 – (ASTM A706M). No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245, ni aceros trabajados en frio o trefilado. Ceñirse a lo indicado en el capítulo C-7 de la norma NSR-210.

Cuando sea necesaria la ductilidad o soldadura, se deben especificarse aceros que cumplan con las exigencias de la norma ASTM A 706 "Low Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement".

El módulo de elasticidad del acero se define ES=200.000 Mpa.

GEOTECNOLOGÍA S.A
ingeniería y contrc

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los análisis se realizaron con superficie de apoyo con un módulo de reacción del conjunto de 42,279.59 KN/m3., que corresponde a una subrasante mejorada con CBR de 5,00% y una subbase granular de 0.15 mt 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 de este. Tanto la subrasante como la subbase deben ser debidamente compactadas. Se debe garantizar el confinamiento de la subbase 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 subbase (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 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.

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS "Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural", Bogota, 2020.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS "Guía de Diseño de Pavimentos con Placa - Huella", Bogota, 2015.

- MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS – INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO ICPC, "Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito", Medellin, 2008.

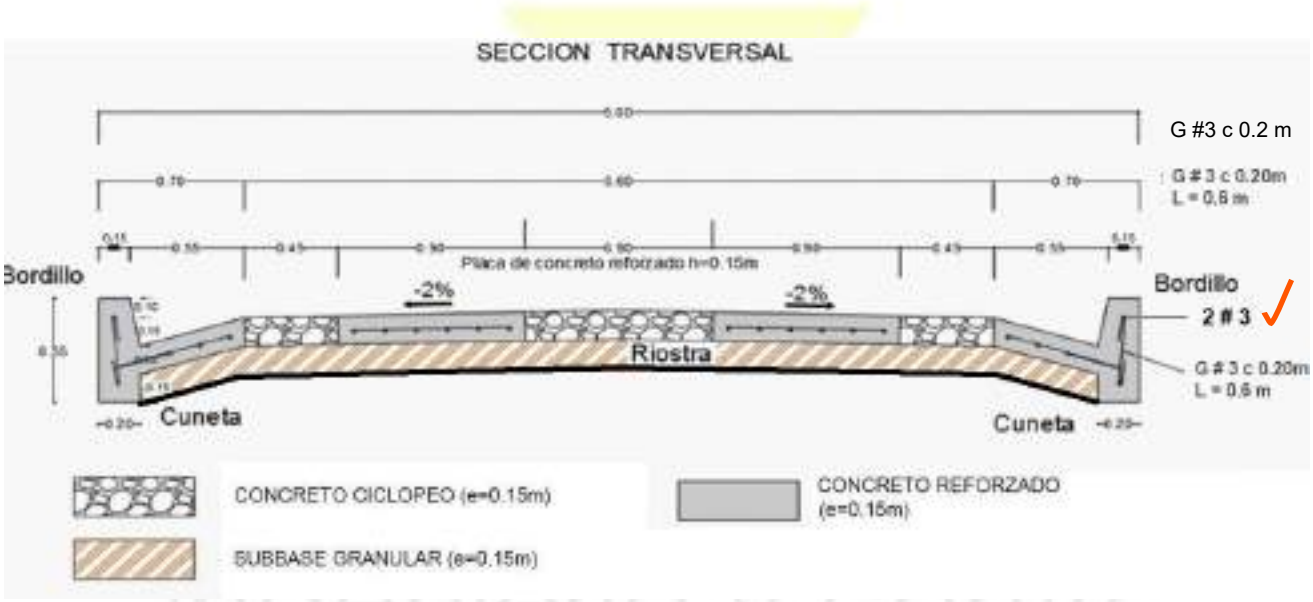
- Anonimo, Especificación 500-1P Placa-huella en concreto.

- J. F. Arango-Londoño, Diseño de pavimentos reforzados: evaluación de factores de carga y subresistencia por el método LRFD, Tecno Lógicas, nº 14, pp. 89-103, 2005.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga en Colombia, Resolución 004100 Ministerio de Transporte, Bogotá DC, 2004.

ANEXO 1. PLANO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PLACA HUELLA.

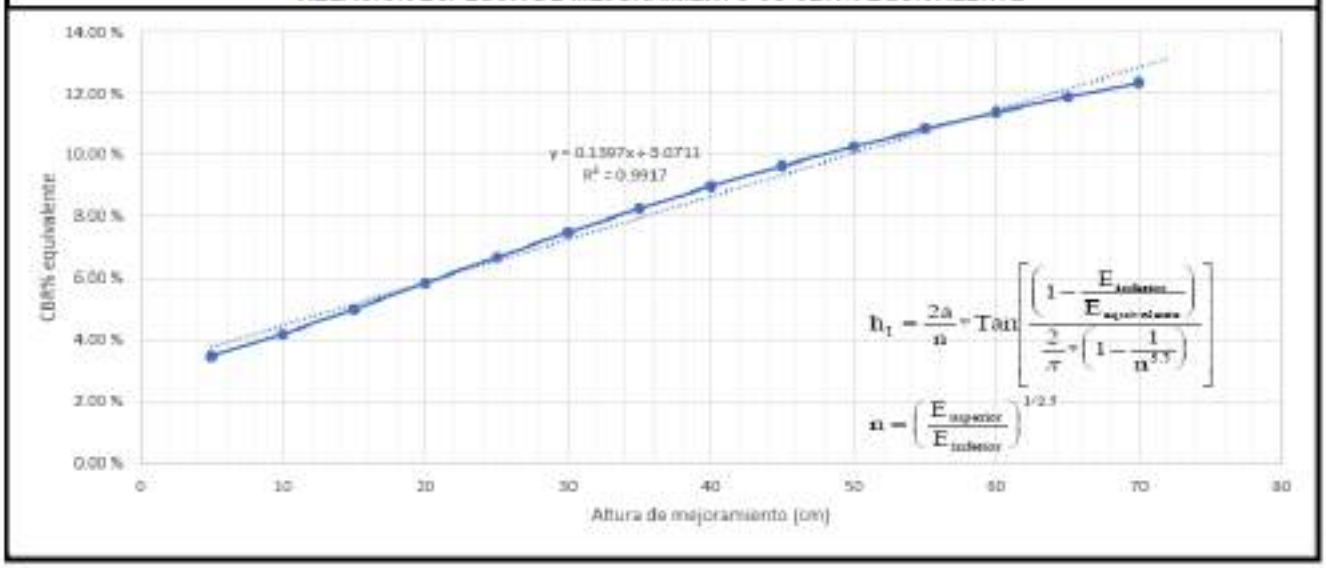
GEOTECNOLOGÍA S.A. ingeniería y contrc


SECCION TRANSVERSAL
G #3 c 0.2 m
G # 3 c 0.20m
L = 0.6 m
Placa de concreto reforzado h=0.15m
-2%
-2%
Bordillo
Bordillo
2 # 3
Riostra
G # 3 c 0.20m
L = 0.6 m
Cuneta
Cuneta
CONCRETO CICLOPEO (e=0.15m)
CONCRETO REFORZADO (e=0.15m)
SUBBASE GRANULAR (e=0.15m)

ANEXO 2. FORMULA DE IVANOV- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO.

CBR DE LA SUBRASANTE	2.88 %	FORMULA DE IVANOV- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO					
CBR DE MEJORAMIENTO	13.00 %						
CBR_{sub}	$E_{inferior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	5	398.43	3.47 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	10	449.69	4.19 %
2.88 %	**353.51**	**927.5**	**30.14**	**1.47**	**15**	**503.35**	**5.00 %**
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	20	556.11	5.85 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	25	605.95	6.68 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	30	651.97	7.49 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	35	693.95	8.26 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	40	732.06	8.98 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	45	766.58	9.65 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	50	797.87	10.28 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	55	826.28	10.85 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	60	852.14	11.39 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	65	875.75	11.88 %
2.88 %	353.51	927.5	30.14	1.47	70	897.35	12.35 %

RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE



INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL PROYECTO "CAMINOS COMUNITARIOS PARA LA PAZ CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR".



LOCALIZACION:

MUNICIPIO DE SANTSA ROSA DEL SUR BOLIVAR

SOLICITANTE:

JUNTA DE ACCION COMUNAL MUNICIPIO DE SANTA ROSA BOLIVAR

MAYO DE 2024

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN....3
2. OBJETIVO....4
2.1. Objetivo general....4
2.2. Objetivos específicos....4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO....5
4. METODOLOGÍA DE DISEÑO....7
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO....8
5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía....8
5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera....8
5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo....8
5.4. Cálculo de la transición de peralte....9
5.5. Rasante y curvas verticales....11
5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo....11
5.7. Sección transversal típica de diseño....12
6. DISEÑO GEOMÉTRICO....13
6.1. Características de diseño....13
6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía....13
7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO....14
7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular....14
7.2. Cálculo de las materiales de estructura....14
7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras....14
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....15

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo y mejoramiento de un Municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto y sus alrededores.

En el presente documento se relaciona el informe de Diseño Geométrico horizontal, vertical y transversal, como parte de la ejecución de los diseños necesarios para la solución integral de la consultoría, con la finalidad de que el presente contrato pueda ser ejecutado y así mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar. Facilitando la movilidad al momento de desplazarse por estas vías; adicional a lo mencionado se busca garantizarle a los conductores seguridad de desplazamiento.

Mediante el estudio de diseño geométrico se busca plantear diseños optimizados que cumplan los parámetros mínimos de seguridad, según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural; sin dejar a un lado que el proyecto sea económicamente viable, adicional a eso se establecen las recomendaciones para el diseño estructural de la placa huella, siendo consistentes con la infraestructura existente y las obras de drenaje actuales que funcionan sobre la vía.

Para un buen desarrollo en el diseño geométrico es necesario considerar como parámetro principal el diseño vertical de la vía, ya que uno de los principales inconvenientes que se puede presentan en la zona son los puntos de captación de aguas, en los cuales sea necesarios construir estructura hidráulica para la recolección de las escorrentías superficiales.

El resultado final del presente estudio se soporta en las memorias de diseño y anexos al presente informe, adicional se adjuntan los planos de localización y de diseño para facilitar al constructor un buen desarrollo durante la ejecución de la obra.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico para la construcción de placa huella ubicada en la Vereda La Cumbre - Municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros de diseño para la nueva vía, buscando la mejor adaptación del diseño a la topografía actual, en lo posible ajustado a la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.
- Definir una sección transversal típica que cumpla con las expectativas de bombeo y peralte mínimo.
- Garantizar la seguridad de movilidad por la vía que se va a diseñar.
- Ajustar el proyecto en lo posible a la cartilla Colombia rural, en el trazado horizontal y vertical cumpliendo velocidades de diseño mínimas y pendientes máximas.
- Desarrollar un proyecto económicamente viable que solucione las necesidades de movilidad y accesibilidad a los habitantes de las localidades mencionadas anteriormente.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Santa Rosa del Sur es un municipio de Colombia, ubicado al norte del país, en el departamento de Bolívar, a 720 km de Cartagena de Indias, la capital departamental. Se encuentra enclavada en el sistema orográfico de la Serranía de San Lucas, en la Subregión del Medio. Está ubicado estratégicamente en el Sur de Bolívar, La geografía del territorio municipal se caracteriza por ser una zona montañosa, debido a que se encuentra en la porción final de la cordillera central, en las inmediaciones de la serranía de San Lucas.

La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 600 msnm, la municipalidad se encuentra entre los 50 y los 2000 msnm. Esta región es privilegiada pues se encuentra equidistante y estratégicamente ubicada cerca de los grandes centros poblacionales, comerciales e industriales del interior del país, cuenta con un clima templado-cálido y abundantes fuentes hídricas lo que facilita el asentamiento urbano. Su posición geográfica es 7° 57' 48" de Latitud Norte y 74° 3' 12" de longitud.



Figura 1. Localización General de la zona.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

La zona de trabajo del proyecto "CAMINOS COMUNITARIOS PARA LA PAZ CONSTRUCCION DE PLACA HUELLA EN LA VEREDA LA CUMBRE DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR." es una vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda La cumbre, ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur (Bolívar), en el cual se presenta una topografía fuertemente ondulada. a una altitud promedio de 1070.00 msnm. A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de la vía en el municipio.

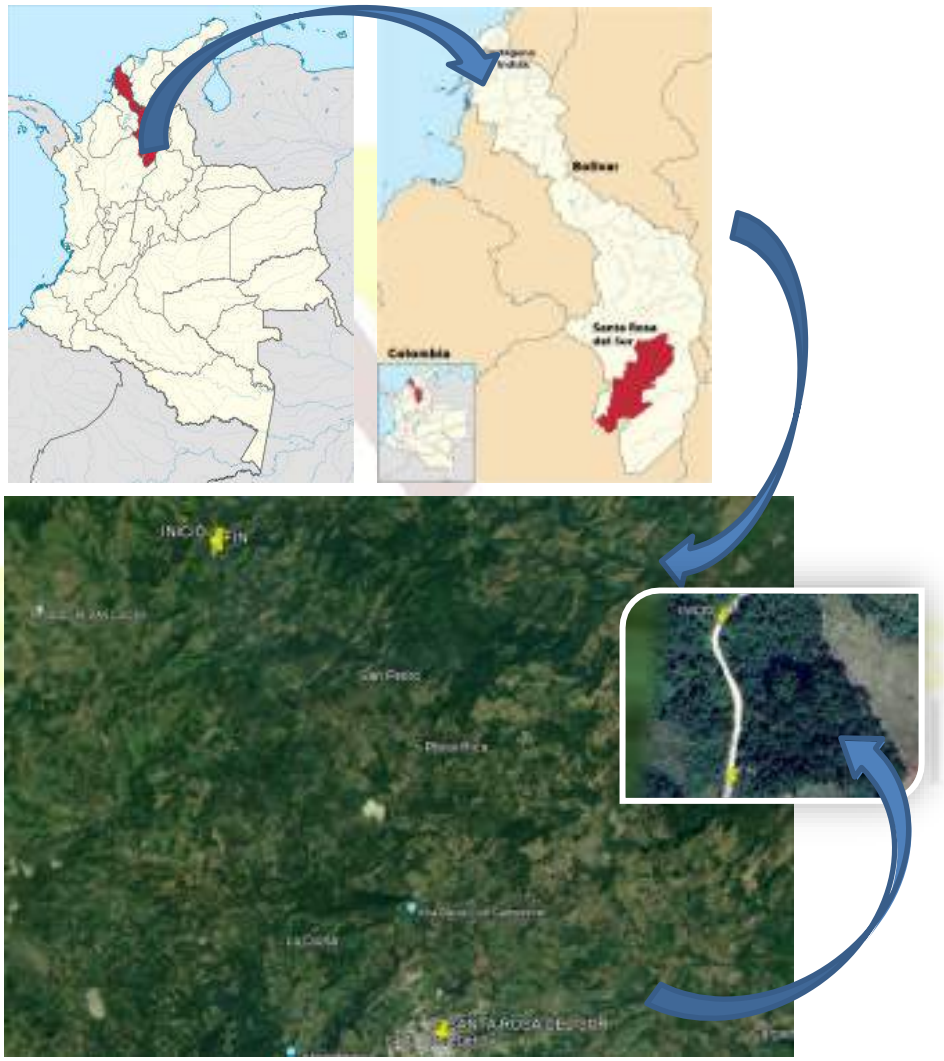


Figura 2. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur:

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía La cumbre – Santa Rosa del Sur	3.6	0.7	150

4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en la categorización propuesta por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural en los términos de referencia, se adoptó una velocidad de diseño de 20 km/h en el tramo homogéneo y para las curvas horizontales, de esta forma garantizar la movilidad de los usuarios en condiciones de seguridad y comodidad.

El eje en planta se determina teniendo como referencia el coronamiento actual y los parámetros de diseño como radio mínimo; adicional se aprovechan los tramos con una topografía escarpada para adecuar la vía a los parámetros de diseño establecidos por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

Con base en el perfil longitudinal natural se procedió a trazar la correspondiente rasante de diseño; es necesario resaltar que en todo el desarrollo longitudinal de la vía se plantean pendientes longitudinales entre 16% y 20% tratando de conservar la forma del perfil longitudinal actual.

El diseño transversal de la vía se define en función de la estructura de la placa huella, la geometría de la zona, el diseño vertical y la necesidad de bombeo ya sea a dos aguas desde el eje de la vía o con una sola pendiente transversal entre los bordes de la vía; tal determinación se hará según la topografía de la vía, las vías de empalme que se encuentren pavimentadas, los sistemas de drenaje existentes y las intersecciones viales.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La vía cuenta con una topografía escarpada ya que sus pendientes longitudinales superan el 8%, por lo cual sus alineamientos son de pendientes considerables y el movimiento de tierra durante su construcción es máximo.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

✓ Clasificación: Rural

✓ Longitud vía diseñada: 150m

✓ Velocidad de diseño: 20 km/h

✓ Ancho de placa huella: 3.60 mts

✓ Bombeo Normal: 2.00%

✓ Peralte Máximo: +2.00%

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. La velocidad de diseño se determina con base a lo recomendado por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural que sugiere una velocidad de diseño de 20km/h.

5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.). El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones por lo cual el peralte máximo es de 2% por ser vías en placa huella.

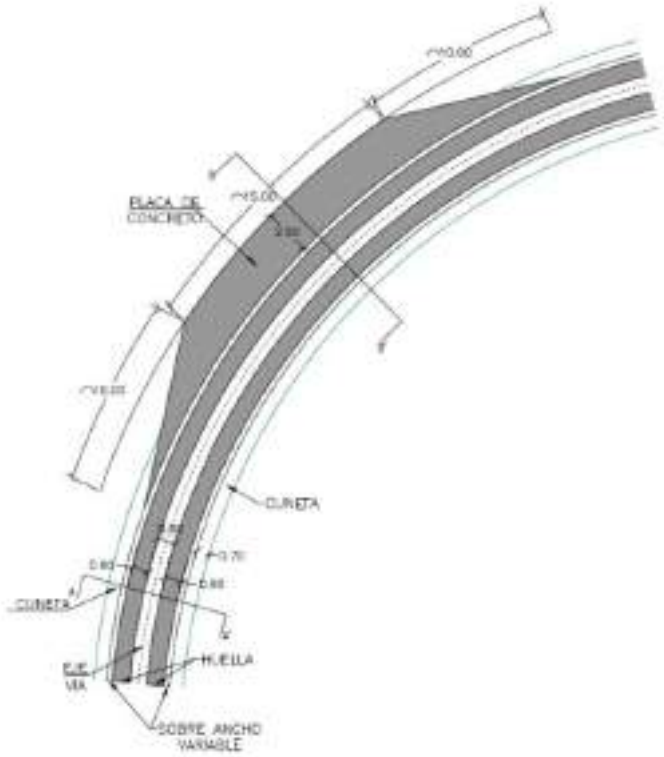


Figura 3. Detalle sobre ancho en curvas con radios mínimos.

Fuente: cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

5.4. Cálculo de la transición de peralte

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

Las longitudes de transición para este caso se toman a partir del bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte máximo en este caso se realiza la transición de peralte utilizando un 70% de la longitud de la curva circular por la poca entre tangencia que existe entre las curvas circulares.

Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la longitud de transición.

$$Lt = L + N$$

Donde

✓ Lt= longitud total de transición (m)

✓ L = longitud del punto peralte cero al punto peralte máximo (m)

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

$$L = a \times bw \times \left(\frac{ef - ei}{\Delta s}\right); \quad a = w \times n$$

Donde:

✓ a= Ancho de la calzada que gira (m)

✓ ef - ei = Cambio de peralte (%), donde ei = peralte inicial = 0

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

✓ bw = factor de ajuste debido al número de carriles que giran (m)

✓ Δs = inclinación relativa de la rampa de peraltes

✓ w = Ancho de carril (m)

✓ n = número de carriles que giran

$$N = \frac{BN \; X \; L}{ef}$$

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

Donde

✓ BN= Bombeo normal (m)

✓ ef = Peralte total (%)

5.5. Rasante y curvas verticales

El diseño vertical se definió ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

El diseño de curvas verticales se realizó teniendo en cuenta el mejor ajuste al terreno existente. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima con el fin de evitar movimientos de tierra representativos.

5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo.

En el estudio se propone 5.0 m de calzada incluyendo cunetas para el tramo en placa huella, buscando una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto y que se ajusta al ancho de calzada existente en el tramo a intervenir.

Para el presente estudio geométrico se adopta un bombeo del 2%, ya que la sección transversal tiene un bombeo desde el eje de la vía.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

5.7. Sección transversal típica de diseño.

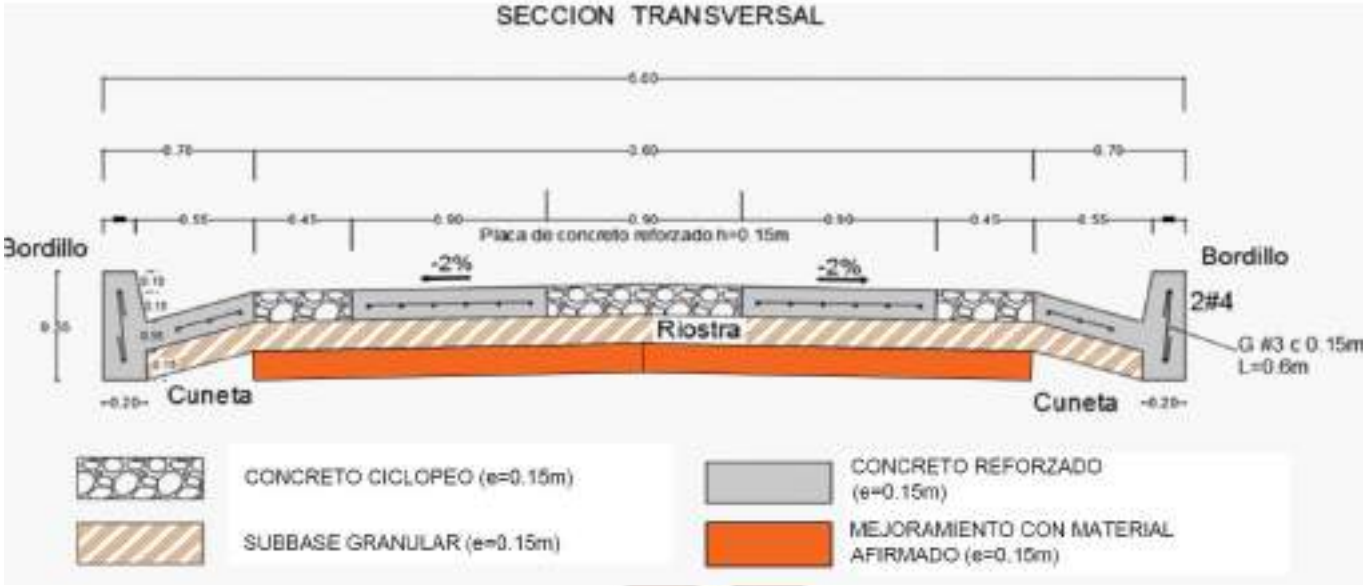


Figura 4. Sección transversal típica diseñada.

Fuente: Imagen extraída del diseño transversal.

En los anexos del presente informe se pueden observar las características de los Accesos viales:

✓ Cotas del terreno natural

✓ Cotas de diseño

✓ Bombeo seleccionado

✓ Diagrama de cotas transversales

✓ Volumen de Relleno

Adicional se puede observar la composición de cada sección transversal para el tramo vial.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

6. DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. Características de diseño

Clasificación: Vía terciaria

Longitud de la vía a intervenir: 150 m

Velocidad de Operación: 20 km/h

La vía se localiza en terreno escarpado, con un ancho de placa huella de 3.60m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 20 km/h.

6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

Longitud: 150 m

Tipo de terreno: Escarpado.

Velocidad de diseño: 20 Km/h

Ancho de Calzada: 3.60 m

Ancho de Cuneta: 0.55 m

Ancho de Bordillo: 0.15 m

Bombeo Normal (BN): 2 %

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO

7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular.

Con base en la velocidad de diseño se definieron los diferentes parámetros de diseño vertical y horizontal de la vía diseñada los cuales se verán reflejados dentro del informe en una cartera de localización que exterioriza la información mínima para la localización del proyecto como es las coordenadas norte, este y cota rasante. Tal información se puede encontrar en el **Anexo 3.** Adicional en los planos de diseño planta perfil se pueden observar los parámetros de diseño horizontal como lo es la abscisa de diseño, el **PI** de las curvas horizontales, el **PC** y **PT** de las curvas circulares; de igual forma en los perfiles se encuentran los elementos verticales como longitud de la curva circular, el parámetro de control de visibilidad K, las cotas de diseño de la rasante con su respectivo abscisado.

7.2. Cálculo de las materiales de estructura

Ver **Anexo 6**.

7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Con base en las secciones transversales de diseño y las pendientes longitudinales, se calculó la cartera de movimiento de tierras para corte y lleno del terraplén. Ver **Anexo 5**.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 20 Km/h, ajustando el diseño según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

✓ Se adoptó un ancho de calzada de 3.60 m para el tramo de placa huella, contemplando la construcción de cuneta 0.55m de ancho y bordillo de 0.15 como se muestra en la Figura 3.

✓ Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2% para los tramo homogéneos y rectos de la vía, en los tramos con curvas horizontales se diseñaron bombeos transicionales que permiten mejorar la movilidad de los usuario contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.

✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.

✓ Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

✓ Para un buen control y revisión del proyecto, se editaron planos de diseño geométrico (Planta – Perfil y Secciones), con el fin de tener control tridimensional de las vías diseñadas, en los cuales se pueden observar: Elementos de diseño geométrico horizontal, Acuerdos de diseño vertical, cotas de diseño tanto del eje como de los bordes de la vía, secciones de control transversal con (cotas de diseño, cota terreno, volúmenes parciales y acumulados de corte y lleno) y montaje de la estructura de pavimento.

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 1: ALINEAMIENTO HORIZONTAL

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 2: CURVAS VERTICALES

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 3: CARTERA DE LOCALIZACION

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 4: CARTERAS DE RASANTE

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 5: CARTERAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 6: CARTERAS DE MATERIALES ESTRUCTURA

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

ANEXO 7: PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO

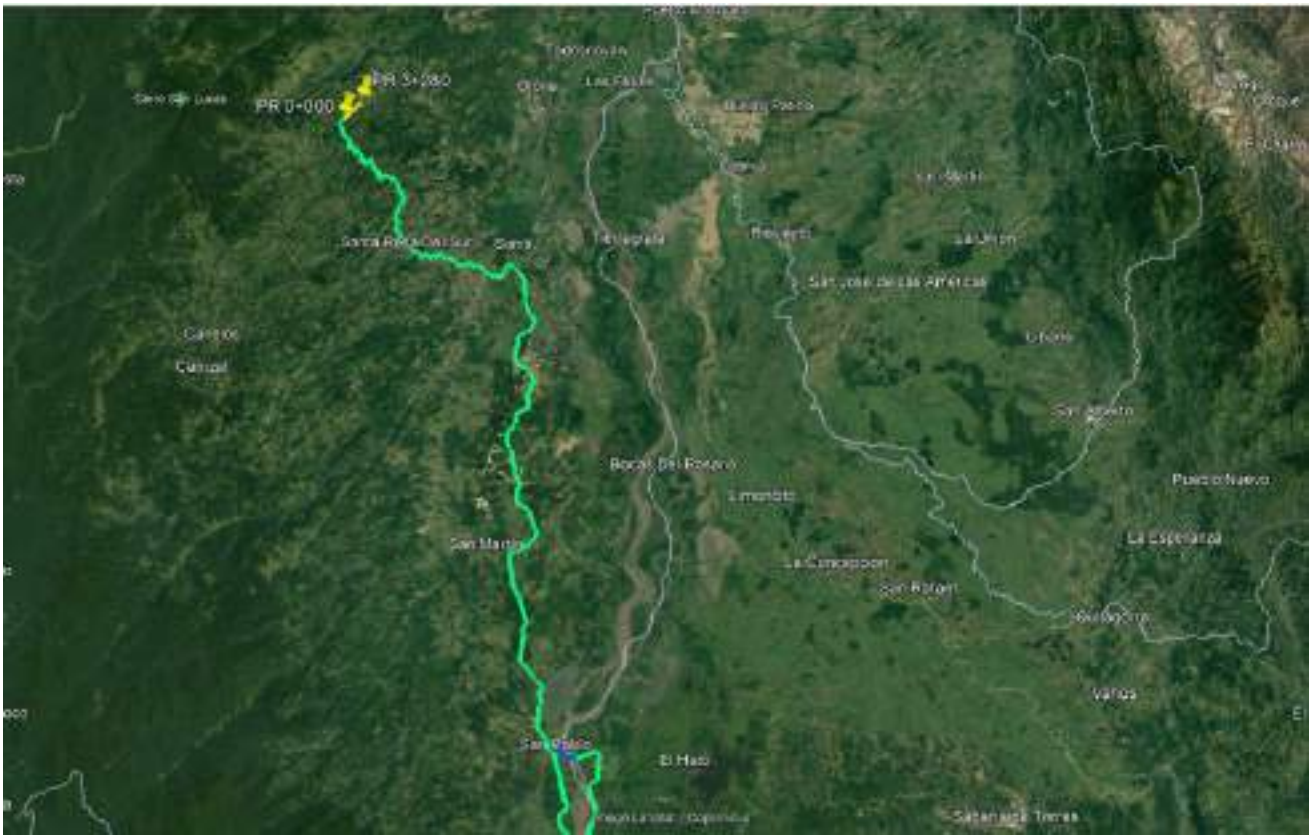
GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

(604) Cel. 3135563977 – 316232436 Calle. 2B 12-18 B. Los Garzones-Montería-Córdoba

VEREDA LA MENDOZA

DISEÑO DE ESTRUCTURA PLACA HUELLA

“AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DEL VEREDA LA MENDOZA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.



MAYO DE 2024

Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 3
2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO 3
3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE 4
4. OBJETIVOS 4
4.1 Objetivo general 4
4.2 Objetivos específicos 4
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
6. METODOLOGIA 6
7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA 7
7.1 Periodo y Transito de Diseño 7
7.2 Descripción del Modelo 7
7.3 Determinación de la Carga Aplicada a la Placa Huella 8
7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas 8
7.3.2 Vehículo de Diseño 8
7.3.3 Carga por Peso Propio 10
7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella 11
7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño 11
7.4.2. Criterio del instituto del asfalto 11
7.4.3. Criterio de Promedio 13
7.4.4. Análisis CBR de diseño 14
7.5.Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente 15
7.5 Resultados de la Evaluación del Modelo del Pavimento en Placa Huella 19
7.5.1 Diseño de Viga Riostra 22
7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta 23
7.6 Juntas 24
7.6.1 Junta Transversal 25
7.6.2 Junta Longitudinal 26
8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA 27
8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra 27
Características de los materiales 27
8.2 Concreto Ciclópeo 28
Características de los materiales 28
8.3 Acero 29
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto geométrica como estructuralmente las vías de un proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en calcular y dimensionar la estructura de placa huella. Además, Se consignan una serie de recomendaciones constructivas las cuales se aconseja respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la estructura de diseño y una alta precisión de las cantidades de obra durante la ejecución del proyecto. Así como también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de estructura a emplear.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto busca obtener la mejor configuración de la estructura del pavimento tipo placa huella que será construido en la vía rural de la vereda La Mendoza – Municipio de Santa Rosa Del Sur. El pavimento con Placa-huella constituye 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.

En el presente estudio se analizó el comportamiento de los pavimentos de placa huella con losas continuamente reforzadas, el análisis se realiza mediante un modelo de elementos finitos para evaluar la respuesta de la placa huella a las cargas críticas del tránsito, con diferentes calidades de apoyo para determinar la respuesta de las placas y proponer diseños que se ajusten a las condiciones de uso nacionales, todo esto basado en lo establecido Resolución 04401 de 2017 – “Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella”.

3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

RES. 04401 DE 2017	Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella.
NTC-2289	Barras Corrugadas y Lisas de Acero, para refuerzo de
concreto. NSR-10	Norma Colombiana de Construcciones Sismo
Resistentes.	
CCP-14	Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- ✓ Realizar el diseño estructural para la vía rural de la vereda La Mendoza – Municipio de Santa Rosa del Sur. En pavimento tipo Placa Huella.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Dimensionar los elementos que componen el tipo de pavimento Placa Huella.
- ✓ Presentar recomendaciones técnicas para la construcción del proyecto.

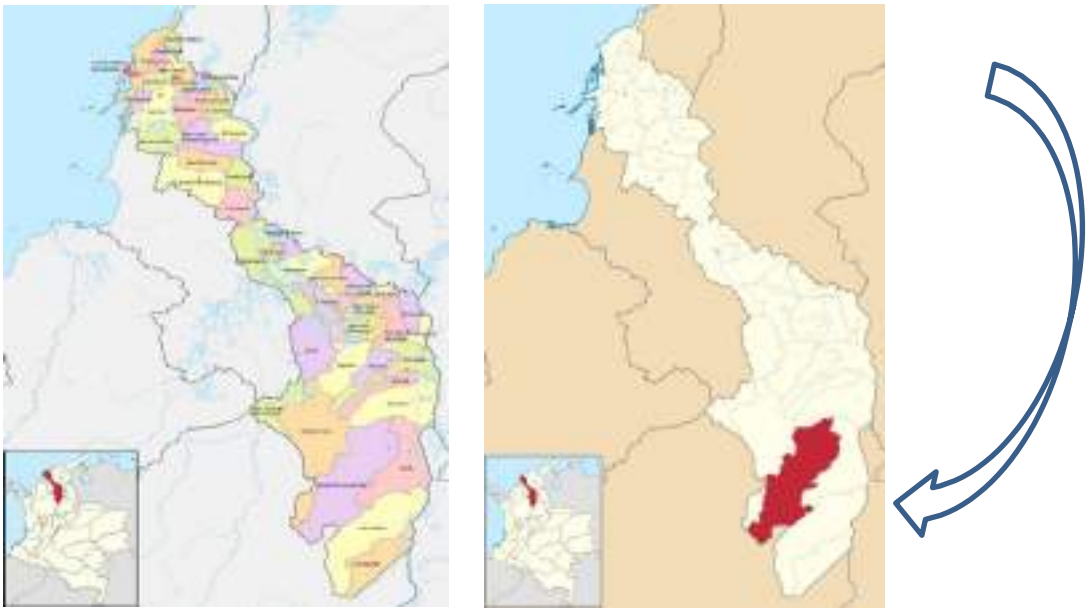
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Santa Rosa del sur se encuentra localizado en la Zona de la Subregión Magdalena Medio del Departamento de Bolívar dista 733,5 kilómetros de la Ciudad capital del departamento. En su territorio la actividad económica del área rural del municipio está estrechamente relacionada con Agricultura, Ganadería y Minería, no obstante, existe un amplio sector con características agroecológicas para su desarrollo bajo condiciones ideales de explotación. Tiene una extensión total de 2.800 Km cuadrados de los cuales solo 224 kilómetros cuadrados corresponden a la superficie urbana, por lo cual se puede asegurar que el municipio en su totalidad responde a dinámicas rurales.

El Municipio de Santa Rosa del Sur, se localiza en las siguientes coordenadas:

Latitud: 7°57′48″N

Longitud: 74°03′12″O



Fuente: Google Earth.
Figura 1. Localización del Proyecto.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Tierralta:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía rural San Francisco	3.6	0.7	130

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 1. Nomenclatura de la Vía.

6. METODOLOGIA

El presente estudio tiene como objetivo la aplicación del diseño de placa huella expuesto en la resolución 04401 de 2017, que servir de base para el desarrollo de los estudios y diseño de la estructura de pavimento en placa huella, para el caso en estudio vía rural vereda la Mendoza – municipio de Santa Rosa del sur, Departamento de Bolivar.

La metodología de diseño consistió en aplicar el Modelo de Elementos Finitos (FEM) para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentarían debido a la aplicación de las cargas vivas y muertas, tanto mayoradas como sin mayorar, en función de las exigencias de los códigos NSR-2010 y CCP-14, con los resultados obtenidos asociados a momentos, (M), cortantes (V), cargas (P), sea en placas o elementos viga o Beam (Frame), se procede a aplicar la Teoría de Resistencia I propuesta en el CCP-14, incluyendo la metodología de cálculo expuesta en dicho código para el diseño a momento y cortante.

Para El cálculo de los esfuerzos y deformaciones se llevó a cabo mediante elementos finitos tridimensionales, colocando la carga sobre la posición que genera el máximo esfuerzo de tensión en el concreto, la cual corresponde a la carga de borde en el centro longitudinal de la placa. Para el caso del eje tándem, la posición más crítica se presentó cuando uno de los ejes del tándem se ubica en el borde en el centro longitudinal de la placa. Con base en los resultados de la modelación se decidió evaluar placas-huellas en concreto simple de 0.90 m de ancho y 1.0 m de longitud, dimensiones que permiten controlar los esfuerzos

máximos de tensión y el efecto del gradiente de temperatura.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA

7.1 Periodo y Transito de Diseño

En Para el presente estudio se considera las recomendaciones obtenidas en el estudio de tránsito con un periodo de diseño de 20 años, el cual se utilizará para todos los análisis pertinentes, periodo que debe coincidir con la vida útil del pavimento.

Para el horizonte de diseño y teniendo la tasa de crecimiento anual definida se estima un numero de ejes equivalentes de 8.2 t en 35.582.

7.2 Descripción del Modelo

La 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 2). El modelo consistió en 7 módulos de 3.0 metros 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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 2. 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.

7.3 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 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.

7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas

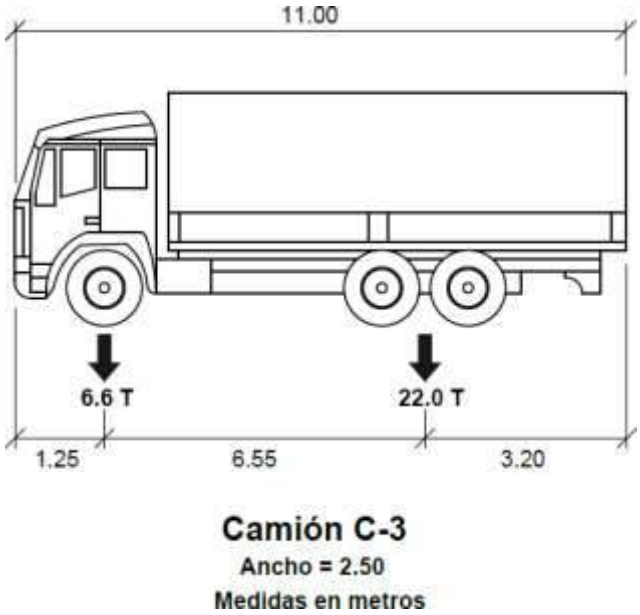
Para obtener un grado de confiabilidad alto, la determinación de las cargas a considerar en el diseño de pavimentos con placa huella debe minimizar las posibilidades de falla por incertidumbre en la estimación de cargas. Ante la poca información existente sobre factores de mayoración de cargas para el 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

7.3.2 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

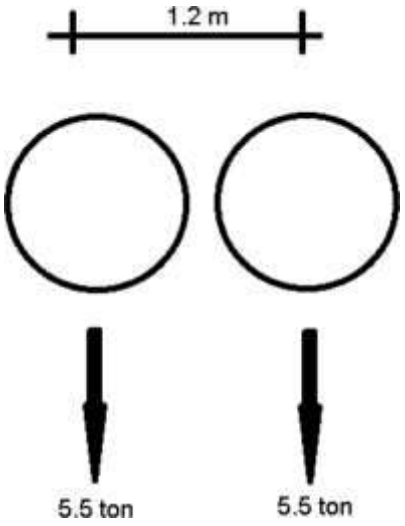
un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás (Figura 3). Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, por lo cual se usa el peso máximo permitido para efecto de los análisis en el presente estudio. La distribución 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).



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 3. Vehículo de Diseño. Camión C-3.

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 4.

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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 4. Distribución de Carga en el Semieje Tándem del Camión C3.

7.3.3 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= Factor 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, 30 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 1,9 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.

- **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

7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella

Partiendo de las recomendaciones hechas en el estudio de suelos realizado por la empresa Geotecnología Ingeniería y control s.a.s., que recomienda para la construcción de la placa huella, el CBR de diseño será igual a 3,55% Como se expresa a continuación.

RESUMEN CBR				
APIQUE	**PROFUNDIDAD m**	**HUMEDAD DEL ESTRATO %**	**CBR NATURAL**	**CBR SUMERGIDO**
1	0,30m-0,80m	15.10%	10.14%	1.04%
	0,80m-1,10m	15.50%		
	1,10m-1,50m	9.60%		
2	0,30m-0,80m	14.10%	26.67%	8.74%
	0,80m-1,10m	14.30%		
	1,10m-1,50m	12.70%		

Fuente: Estudio de Suelos.
Tabla 2. Resultados CBR Vía.

7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño

El CBR de diseño obtenido será utilizado para los cálculos de pavimento rígido, las metodologías más utilizadas para la selección del CBR de diseño son las siguientes:

- Criterio del instituto del asfalto
- Criterio de la media

7.4.2. Criterio del instituto del asfalto

Este método recomienda tomar un valor de tal manera que el 60%, 75% o el

87.5% de los valores individuales de CBR sea igual o mayor que el que se está tomando de referencia. El percentil se escoge según el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño, como se ilustra en la siguiente tabla:

NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
≤ 104	60.0
104 – 106	75.0
≥ 106	87.5

Tabla 3. Percentiles para determinar el CBR de diseño
Fuente: Información tomada del libro Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras, Volumen I, del Señor Carlos Hernando Higuera Sandoval

El procedimiento para determinar el CBR de diseño es el siguiente:

- Calcular el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño.
- Ordenar de menor a mayor los resultados de los CBR y determinar en porcentaje los valores mayores o iguales a cada uno.
- Se realiza una gráfica de CBR vs porcentajes mayores o iguales de cada uno.
- Con el percentil escogido se intercepta la curva de la gráfica trazando una línea paralela desde el eje de las Y, en donde corte se baja perpendicularmente en la intersección al eje de las X.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DEL INSTITUTO DEL ASFÁLTO			
ENSAYO No.	CBR (%)	NÚMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE DE VALORES IGUALES O MAYORES
1	1.04	2	100%
2	8.74	1	50%

Tabla 4. Porcentajes de valores de CBR mayores o iguales a cada uno.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior se obtiene la siguiente figura.

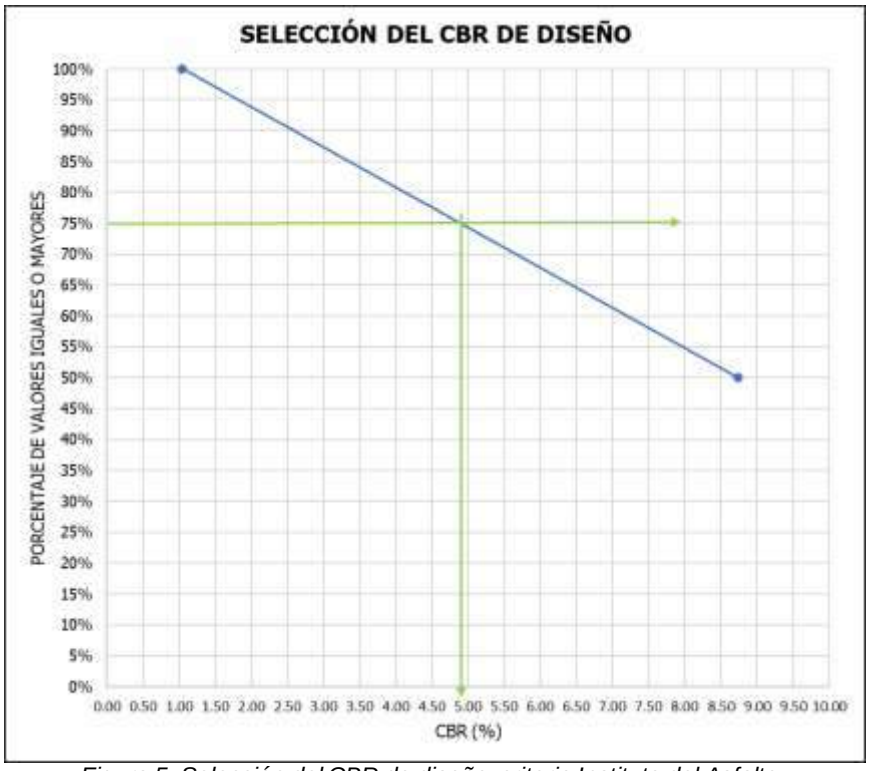


Figura 5. Selección del CBR de diseño, criterio Instituto del Asfalto.
Fuente: Elaboración propia.

Para un percentil del 75.0% el CBR de diseño es 4.95%

7.4.3. Criterio de Promedio

Este criterio consiste en determinar aquel valor en el cual la mitad de los valores quedan por debajo y la mitad por arriba del valor calculado. Al valor seleccionado se le disminuye la desviación estándar. El valor de la desviación estándar depende del nivel de confianza con que se realiza el diseño, como se muestra en la siguiente tabla.

NIVEL DE CONFIANZA (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

Tabla 5. Desviación estándar para diferentes niveles de confianza.
Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño se determina con la siguiente expresión:

CBR Diseño = CBR Medio – (Z* Desviación estándar CBR)

Para un nivel de confianza del 85%, se obtuvo el siguiente valor de CBR de diseño.

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DE LA MEDIA	
NIVEL DE CONFIANZA (%)	**DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)**
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)	1.00
DESVIACIÓN DE LOS VALORES DE CBR	2.75
PROMEDIO CBR	4.89
CBR DE DISEÑO	**2.14%**

Tabla 6. Determinación CBR de diseño criterio de la media.
Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Análisis CBR de diseño

Realizando un análisis de los resultados obtenidos mediante las metodologías del criterio del instituto del asfalto y de la media se puede evidenciar que la diferencia entre los valores arrojados por cada una es mínima, por ende, cualquiera de los dos métodos es válido para determinar el CBR de la subrasante de una unidad de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

MÉTODO	CBR DE DISEÑO (%)
Instituto del asfalto	4.95%
Media	2.14%
Promedio	**3.55%**

Tabla 7. Comparación de los métodos para determinar el CBR de diseño Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, como valor de CBR de diseño se adopta el promedio de las dos metodologías.

A continuación, se presenta una metodología para calcular CBR de diseño equivalente

para cumplir la relación en función del espesor del material de mejoramiento y CBR del material de mejoramiento que en este caso sería el mínimo valor del CBR mínimo de 10%.

7.5. Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla, debe tener un valor de CBR mínimo de 5% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es Mr=2555*(CBR0.64) *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)

E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)

E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2) n: Modulo ponderado de las capas

s: Espesor del material de mejoramiento (cm)

a: Radio del área cargada (cm)

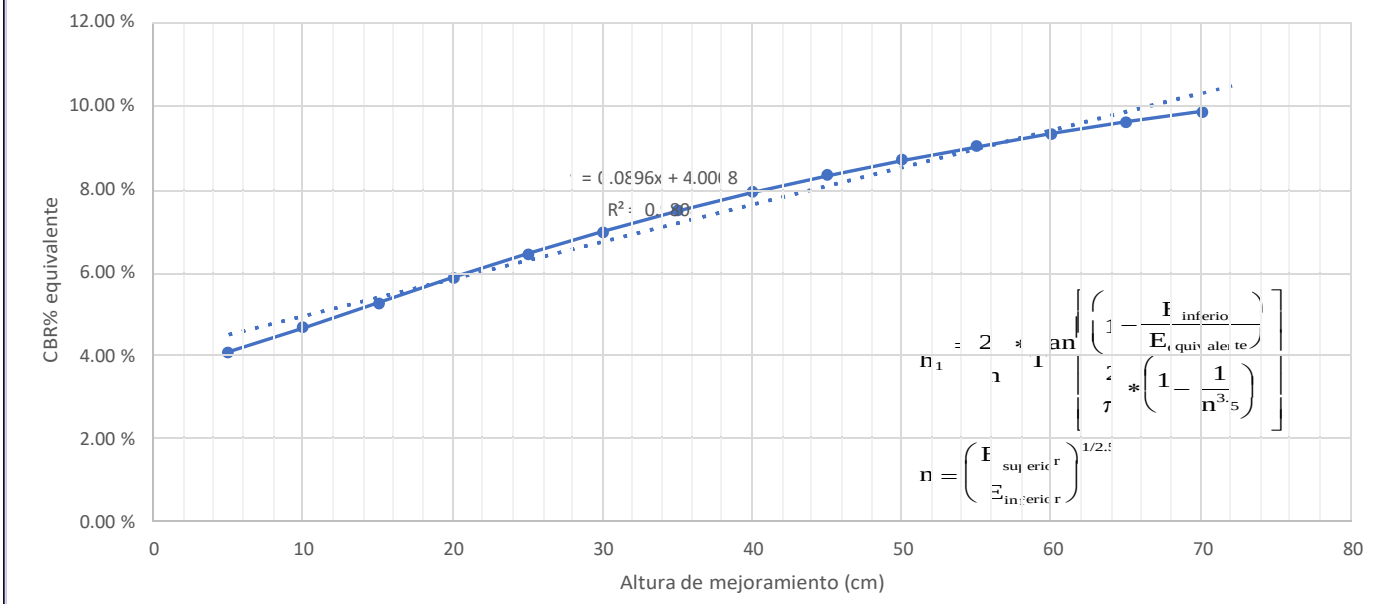
La ecuación permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia o CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 10%, de esta forma podemos conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la tabla siguiente se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

Metodología Ivanov		
CBR Subrasante (%)	3,55	CBR suministrado estudio geotécnico
CBR Material de Afirmado (%)	10	CBR del material de remplazo
MR subrasante (Kg/cm2)	404,14	Módulos resilientes por correlación (MR=2555*CBR^0.64) *0.070307. Lister y Powell (1987)
MR SBG (Kg/cm2)	784,13	
n	1,3	Modulo ponderado de las Capas
2a (cm)	30,14	Radio del area cargada (15.07)
s (cm)	15	Espesor del material de mejoramiento
MR Equivalente (Kg/cm2)	517,89	Modulo resiliente equivalente (Ivanov)
MR Equivalente (PSI)	747280.23	
CBR de Diseño Equivalente (%)	5,23	CBR de diseño

De lo anterior se infiere que el mejoramiento que debe tener la estructura de la placa huella es de 15 cm para la unidad de diseño a lo largo de todos sus tramos viales, además de presentar un CBR de 10%.

CBR_{SBR}	$E_{inferior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	5	439.88	4.05 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	10	478.7	4.63 %
3.55 %	***404.14***	***784.13***	***30.14***	***1.3***	***15***	***517.89***	***5.23 %***
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	20	555.32	5.83 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	25	589.81	6.41 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	30	620.94	6.94 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	35	648.72	7.44 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	40	673.43	7.88 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	45	695.39	8.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	50	714.95	8.66 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	55	732.42	8.99 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	60	748.07	9.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	65	762.17	9.57 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	70	774.9	9.82 %

RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE



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 subbase apoyada sobre la subrasante natural o mejorada, 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 subrasante (ecuación 1). Con base en la ecuación 1 y las correlaciones de la PCA entre el módulo resiliente y módulo de reacción de la subrasante se construyó la Tabla 3.

MR: 1500*(CBR%) *(Ecuación 1)*

Donde,

MR: Modulo resiliente de la subrasante en PSI

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante

CBR	MR (PSI)	K (PCI)	K (KN/m³)
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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 8. Correlación entre el Módulo de Reacción de la Subrasante 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 9, que considera el efecto sobre el módulo de reacción de una subbase sin tratar colocada sobre la subrasante.

K subrasante [kN/m³]	Espesor de Subbase en (m)			
	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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 9. Módulo de Reacción del Conjunto Subrasante - Subbase [kN/m3] (modificada de Huaung, 2004)

De acuerdo con lo anterior para una subrasante mejorada con un CBR de 5,23% y una subbase granular de 0.15 metros, el módulo de reacción del conjunto

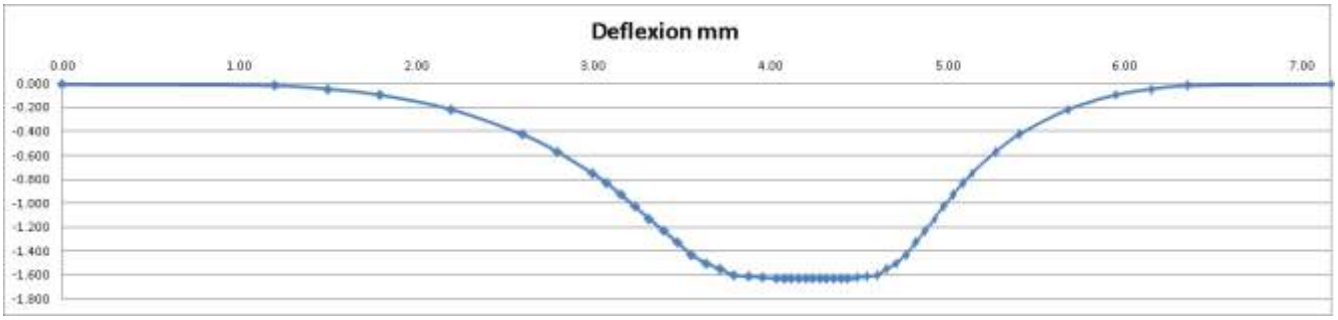
subrasante-subbase corresponde a 42,279.59 KN/m3.

7.5 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:

- Ancho de banda: 0.90 metros (ancho de la placa huella)
- Módulo de elasticidad del concreto: 2.1*106 kN/m2
- Módulo de reacción del soporte: 42,279.59 kN/m3
- Momento de inercia del cimiento: 2,53125*10¯ 4

En las Figuras 6 y 7 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.

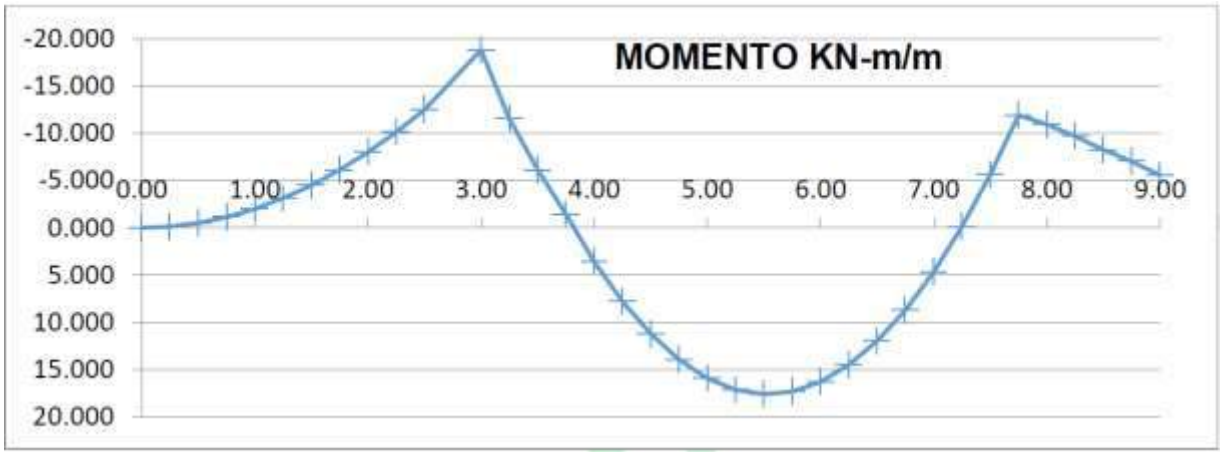


Fuente: Elaboración Propia.
Figura 6. Deflexiones en la Placa Huella.

La Figura 7 muestra que el momento máximo que se presenta en la placa huella corresponde a 18.62 kN-m. Una placa huella de 0.15 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.

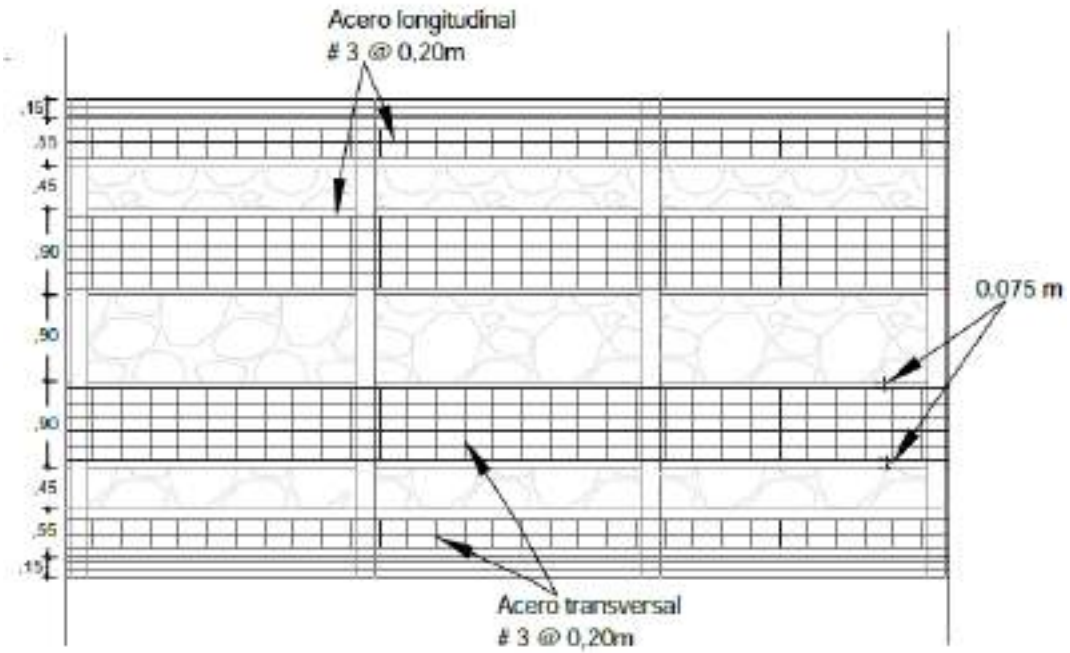


Fuente: Elaboración Propia.
Figura 7. Momentos en la Placa Huella.

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 0.15 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.

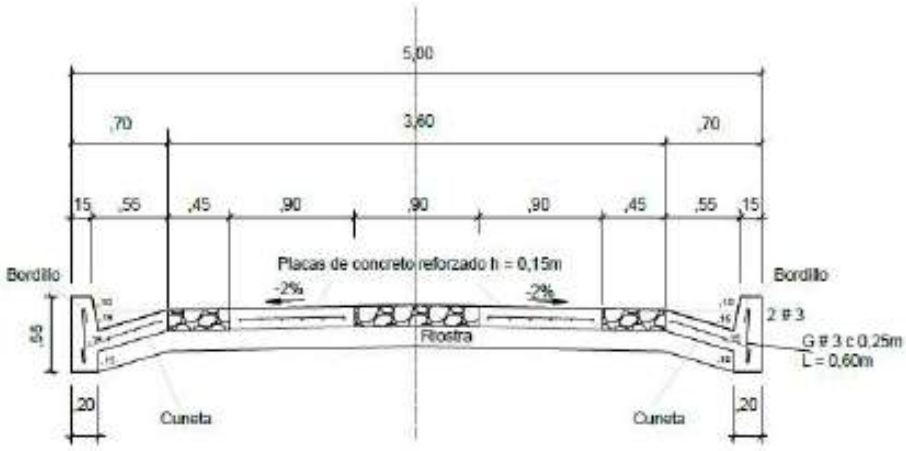
Con el fin de fijar el acero de refuerzo longitudinal y transversal se recomienda la colocación de acero transversal con barras # 3 cada 20 centímetros, con el propósito fijar el acero longitudinal, evitar desplazamientos durante la construcción y permitir una mejor distribución de esfuerzos transversalmente.

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

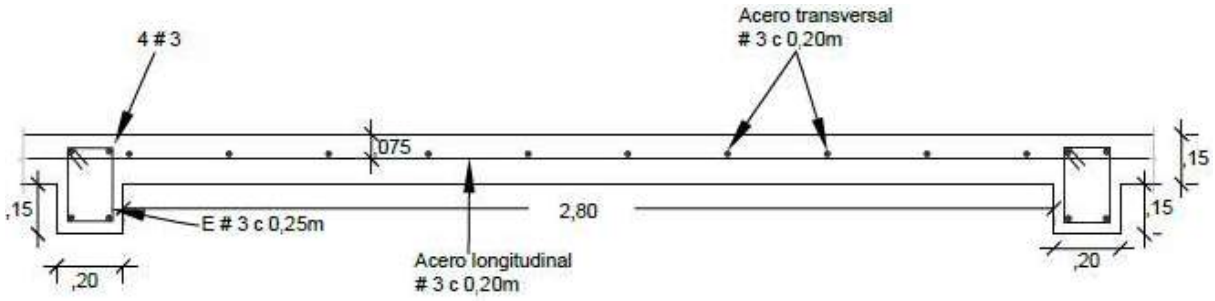


cargas que la placa huella deberá tener un refuerzo similar al de estas.

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 8. Planta de Distribución del Refuerzo – Placa Huella.



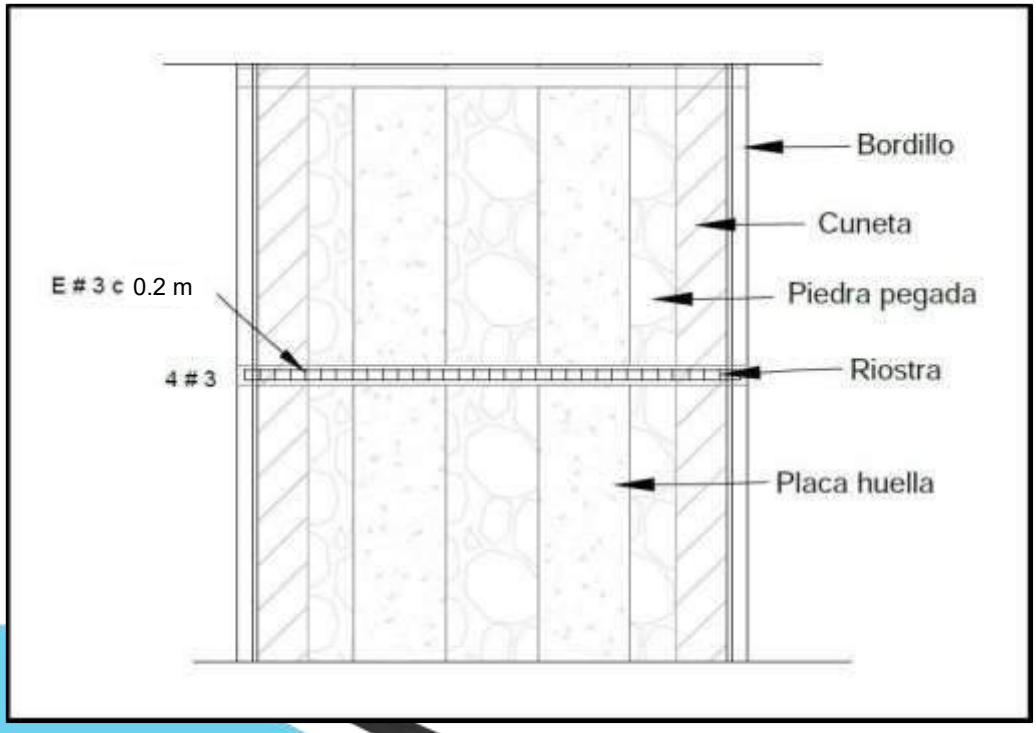
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 9. Corte Transversal – Placa Huella.



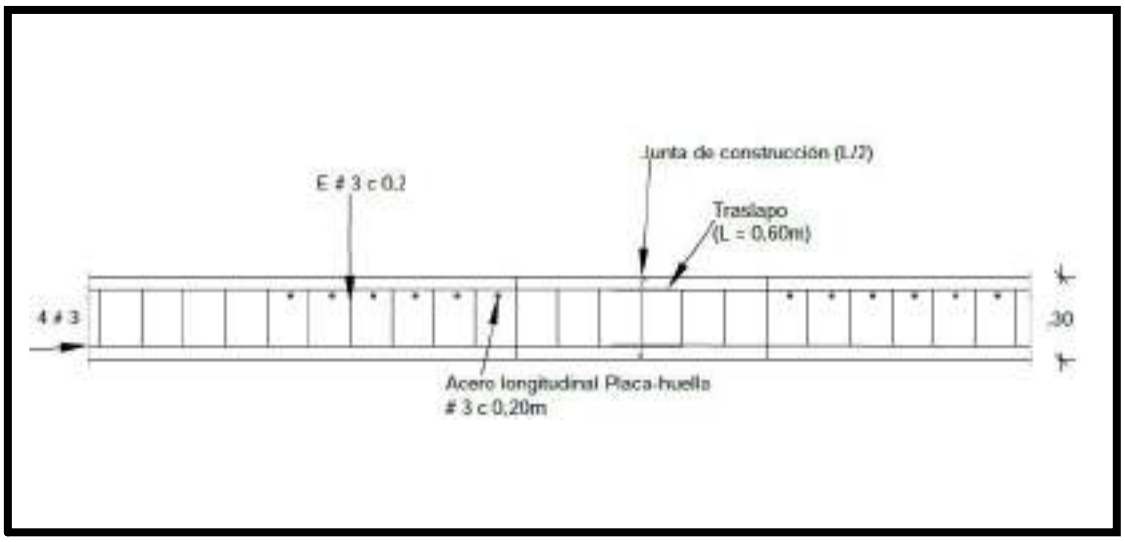
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 10. Corte Longitudinal - Placa Huella.

7.5.1 Diseño de Viga Riostra

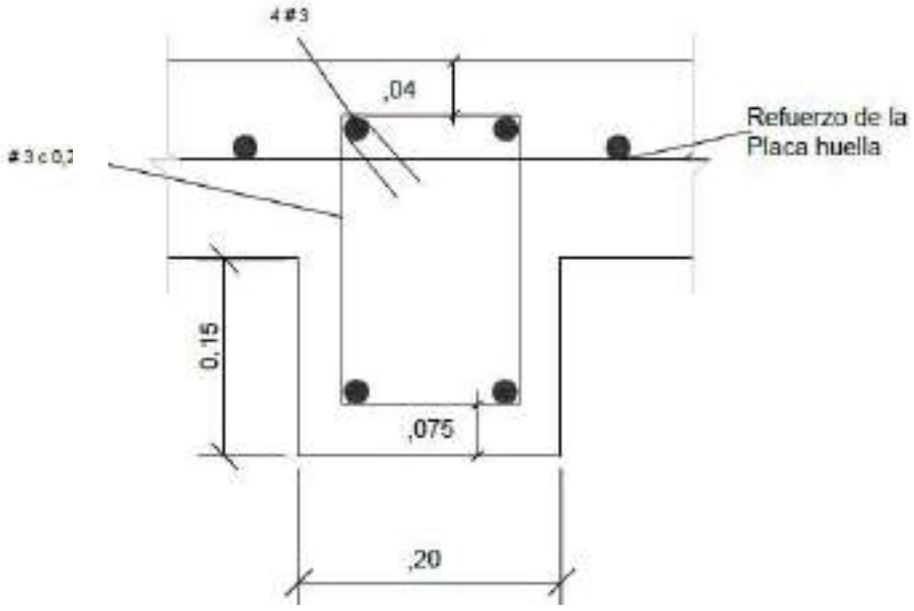
Las riostras son elementos cuya función es confinar la subbase y garantizar que las placas huellas trabajen monolíticamente, las mismas están sometidas a esfuerzos bajos, por lo que se recomienda la colocación de la cuantía mínima de refuerzo para estos elementos que corresponde a 4 barras #3 longitudinalmente (dos arriba y dos abajo) y estribos #3 cada 20centímetros.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 11. Planta de Distribución del Refuerzo – Viga Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 12. Corte Longitudinal – Viga Riostra.

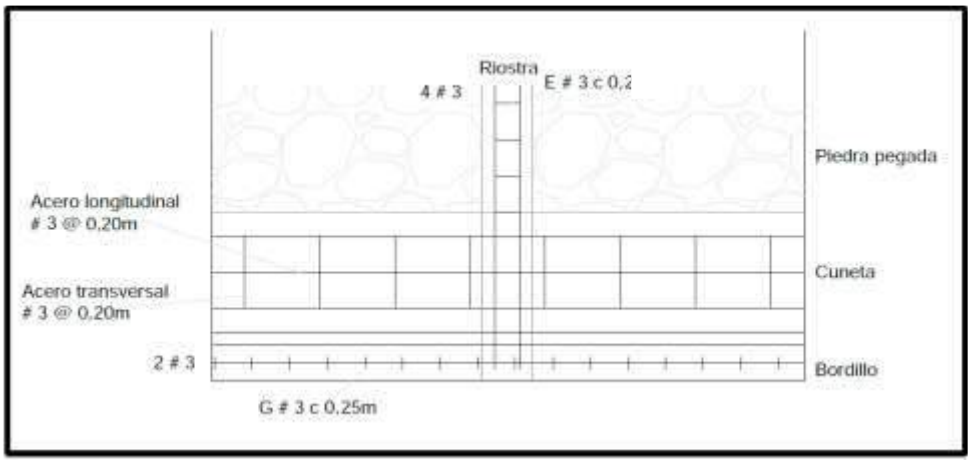


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 13. Corte Transversal Sección en Placa Huella – Viga Riostra.

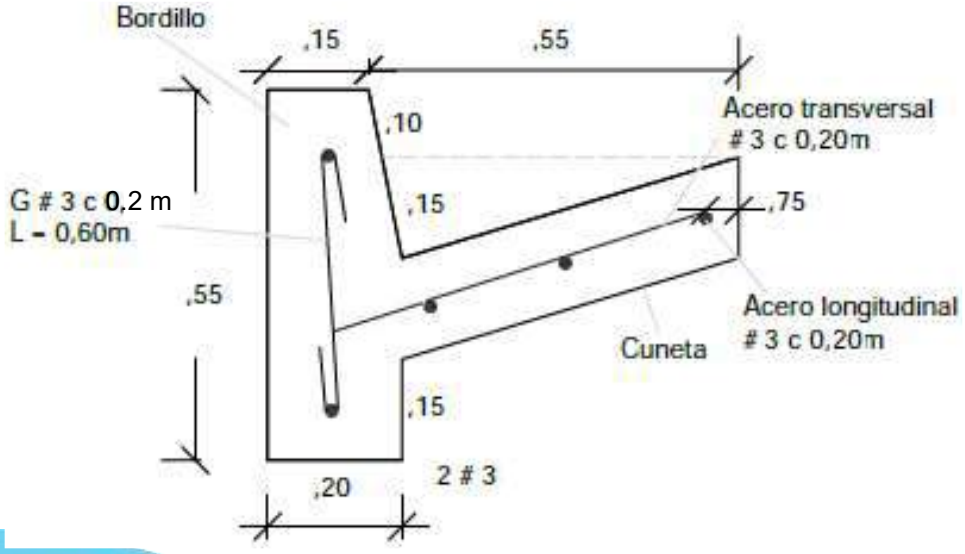
7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta

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.

A continuación, se presentan los detalles de la berma-cuneta y el bordillo.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 14. Planta de Distribución del Refuerzo – Berma-Cuneta.

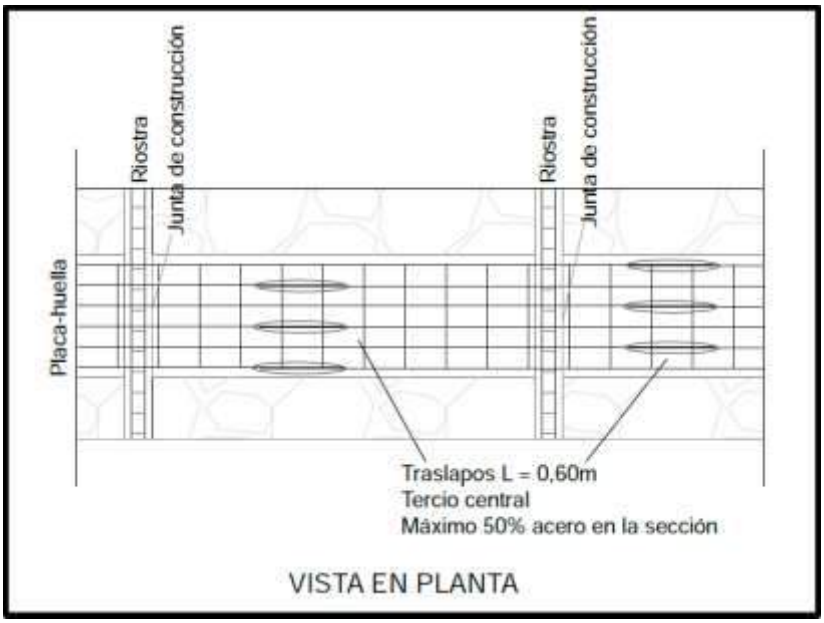


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 15. Corte Berma-Cuneta.

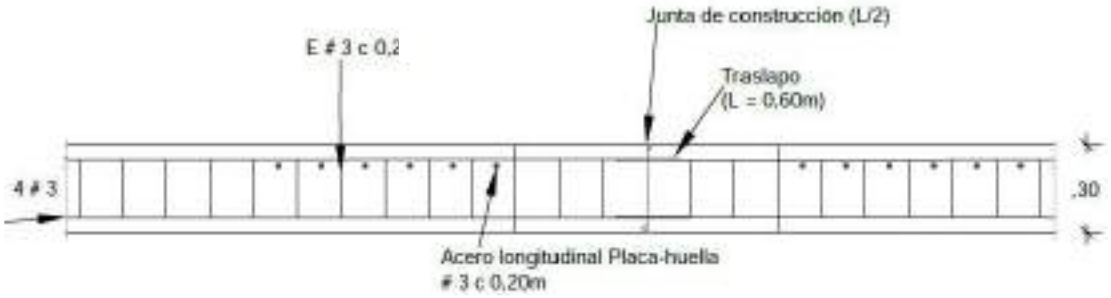
7.6 Juntas

El modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, afín de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción.

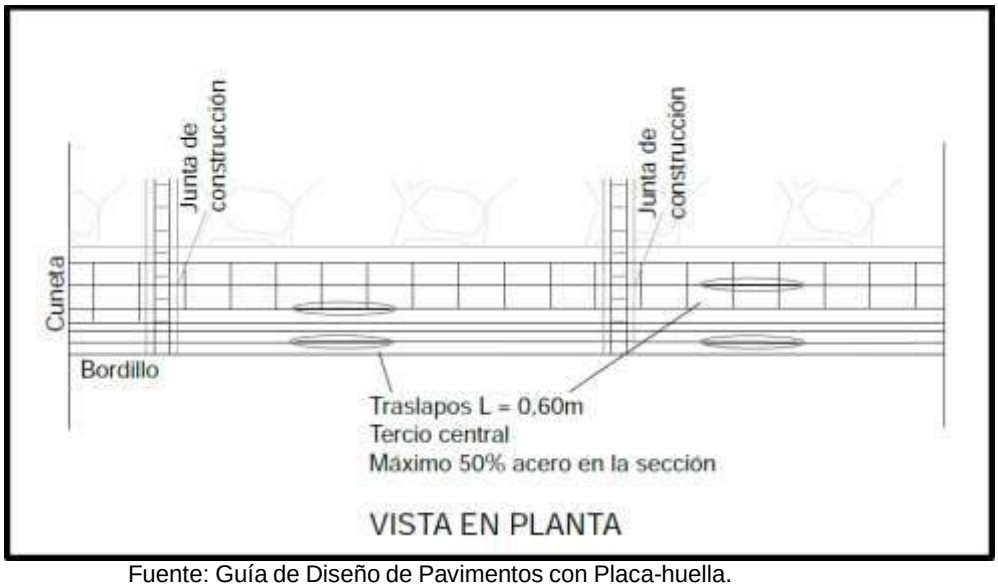
7.6.1 Junta Transversal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 16. Junta transversal de construcción en la Placa-Huella.

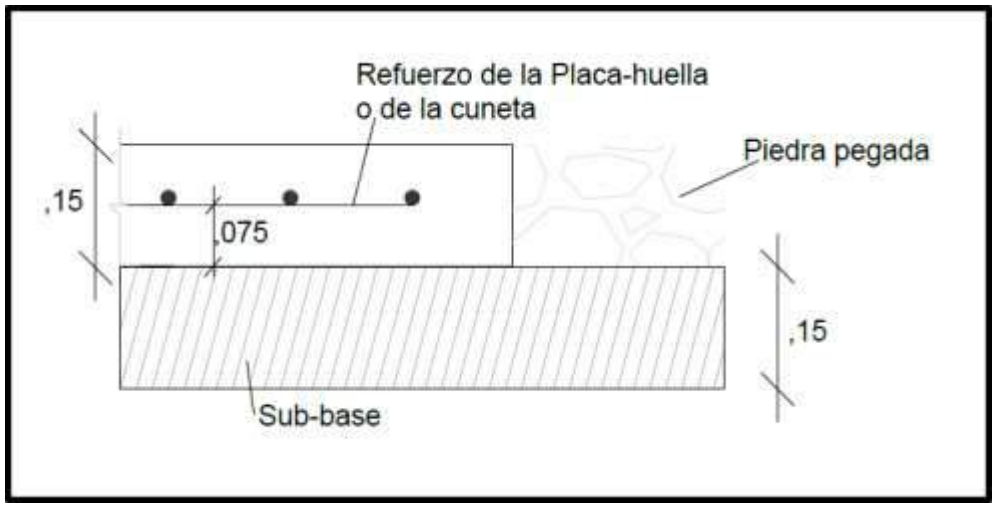


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 17. Junta transversal de construcción en la Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 18. Junta transversal de Construcción en la Berma-Cuneta.

7.6.2 Junta Longitudinal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 19. Junta Longitudinal etren la Placa-Huella o Berma Cuneta y la Piedra Pegada.

8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA

8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra

En la mayoría de las obras de pavimentación con placa-huella el concreto utilizado se fabrica en la vía, en donde no existen los medios para ejercer un control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la inversión en un pavimento con placa-huella es cuantiosa y que éste debe permanecer durante décadas en condiciones de servicio satisfactorias resulta obligatorio utilizar una mezcla de concreto que ofrezca garantía de durabilidad.

Por la razón anterior, que no es otra que garantizar la durabilidad del concreto sometido a la intemperie y al desgaste producido por la fricción al paso de las llantas de los vehículos, la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable que en este caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

Una vez identificada la fuente de agregados a utilizar en el proyecto es indispensable realizar, en laboratorio, el diseño de la mezcla de concreto incluyendo los ensayos de calidad a los agregados los cuales deben cumplir los requisitos para concreto estructural establecidos en las especificaciones vigentes del Instituto Nacional de Vías.

Ahora bien, si se realiza en la obra un control de calidad básico 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, 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 no es difícil lograr una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg/cm2.

Características de los materiales

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg /cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho milímetros (38 mm).
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

8.2 Concreto Ciclópeo

La principal función de la piedra pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos con placa-huella reforzada, por ende, ésta no tiene capacidad estructural y por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión de esfuerzos con los otros elementos del pavimento con placa-huella.

En las franjas de piedra pegada, cuyo material se asimila a un concreto ciclópeo, es necesario tener en cuenta que al igual que las placas-huella también van a estar sometidas al deterioro producido por el efecto del clima (sol y lluvia) y por el desgaste producido por la abrasión generada por las llantas de los vehículos así sea esporádica la circulación sobre ellas. Además, estas franjas deben permanecer durante más de veinte años sin evidenciar deterioros significativos.

La especificación INV Art 630 - 2013 establece una resistencia del concreto menor para el ciclópeo.

Lo anterior bajo el entendimiento que el concreto ciclópeo es para usos diferentes al de una eventual circulación de vehículos sobre este material.

Basados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella (Resolución Invias 04401 del 17 de octubre de 2017), en aras de velar por la durabilidad del pavimento con placa- huella, también determina que el concreto incorporado en las franjas de piedra pegada tenga una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

En cuanto a la piedra a utilizar se recomienda que sea de canto rodado ya que estas piedras presentan una mayor resistencia al desgaste.

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:

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg/cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho (38 mm) milímetros.
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.
- Tamaño máximo de agregado ciclópeo Tmáx. = entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.
- Deben ser cantos rodados. Nacional de Vías.

8.3 Acero

El acero se define por su resistencia y se contempla mínimo
de fy: 4200 Kg/cm2 ≤ fy ≤ 5200 Kg/cm2.

Independiente del diámetro o varilla a usar en los elementos estructurales. Según las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con las Normas NTC-2289 – (ASTM A706M). No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245, ni aceros trabajados en frio o trefilado. Ceñirse a lo indicado en el capítulo C-7 de la norma NSR-210.

Cuando sea necesaria la ductilidad o soldadura, se deben especificarse aceros que cumplan con las exigencias de la norma ASTM A 706 “Low Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement”.

El módulo de elasticidad del acero se define ES=200.000 Mpa

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

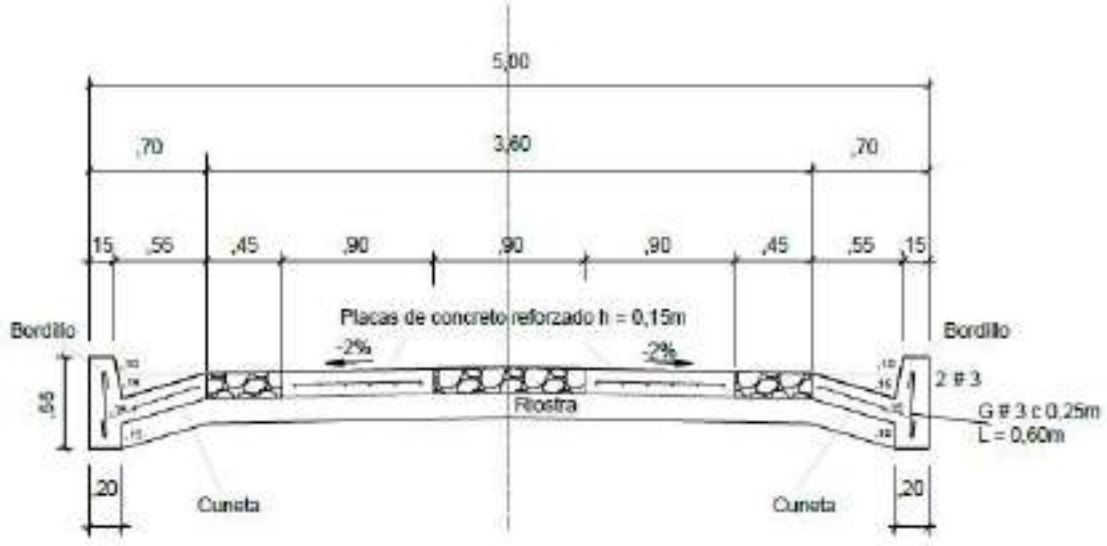
Los análisis se realizaron con superficie de apoyo con un módulo de reacción del conjunto de 42,279.59 KN/m3, se recominda una subrasante mejorada con CBR de 5,23% y una subbase granular de 0.15 mt de espesor. Durante el proceso constructivo se debe garantizar el cumplimiento de estas condiciones mínimas, las cuales deben mantenerse durante el periodo de servicio del pavimento para garantizar la durabilidad de este. Tanto la subrasante como la subbase deben ser debidamente compactadas. Se debe garantizar el confinamiento de la subbase 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 subbase (15 cm).

Es evidente que la cuantía de acero requerida por una placa-huella es mayor a medida que crece la longitud de ella. En este orden de ideas la placa-huella de 2.80 m de longitud (su ancho no influye) requiere más acero que la placa-huella de 1.60 m de longitud. Pero de las modelaciones con elementos finitos se concluyó que las diferencias en la cuantía de acero no son significativas por lo que se decidió asumir para todas las placas-huella la cuantía requerida por la más crítica que es la de 2.80 m de longitud. Lo anterior facilita enormemente los procesos constructivos ya que la armadura es la misma para todas las placas-huella. Lo mismo sucede para las riostras independientemente de su longitud.

Teniendo en cuenta la capacidad de soporte de la placa-huella actualmente la subrasante presenta una buena morfología lo cual no se recomienda no tocarla.

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% delacero longitudinal.

Nueva estructura de la placa huella:



ANDYHAYLESONPALACIOSHOYOS
M.P.22202-328510COR
C.C. No. 1.067.935.749
Especialista en Vías y Transportes

Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS “Obras Menores
  de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural”, Bogota, 2020.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS “Guía de Diseño
  de Pavimentos con Placa - Huella”, Bogota, 2015.

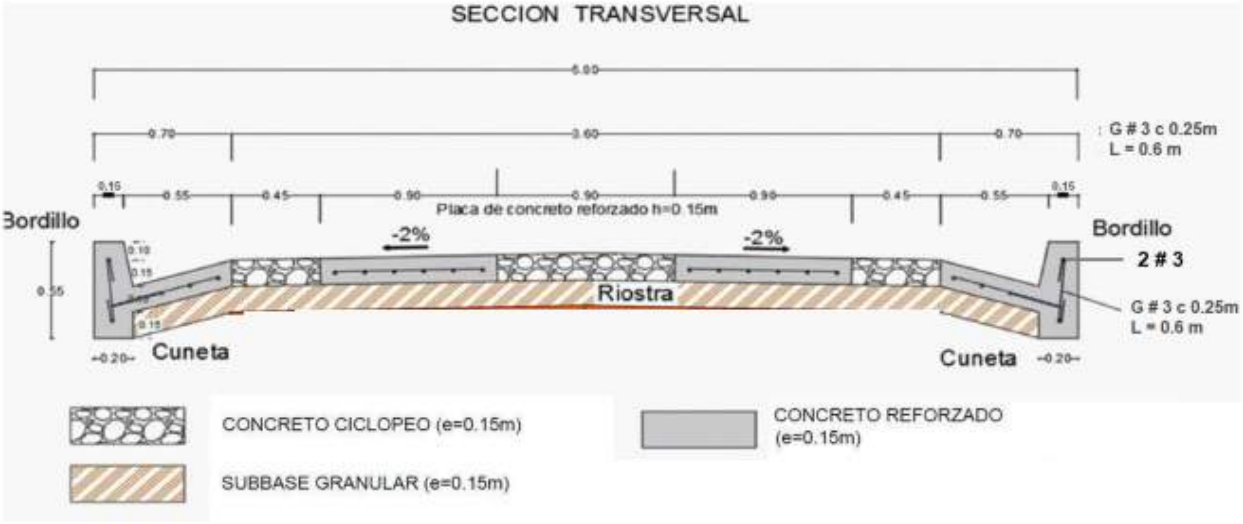
- MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS – INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO ICPC, “Manual de Diseño de
  Pavimentos de Concreto para Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito”, Medellin, 2008.

- Anonimo, Especificación 500-1P Placa-huella en concreto.

- J. F. Arango-Londoño, Diseño de pavimentos reforzados: evaluación de factores de carga y subresistencia por el método LRFD, Tecno Lógicas, nº 14, pp. 89-103, 2005.

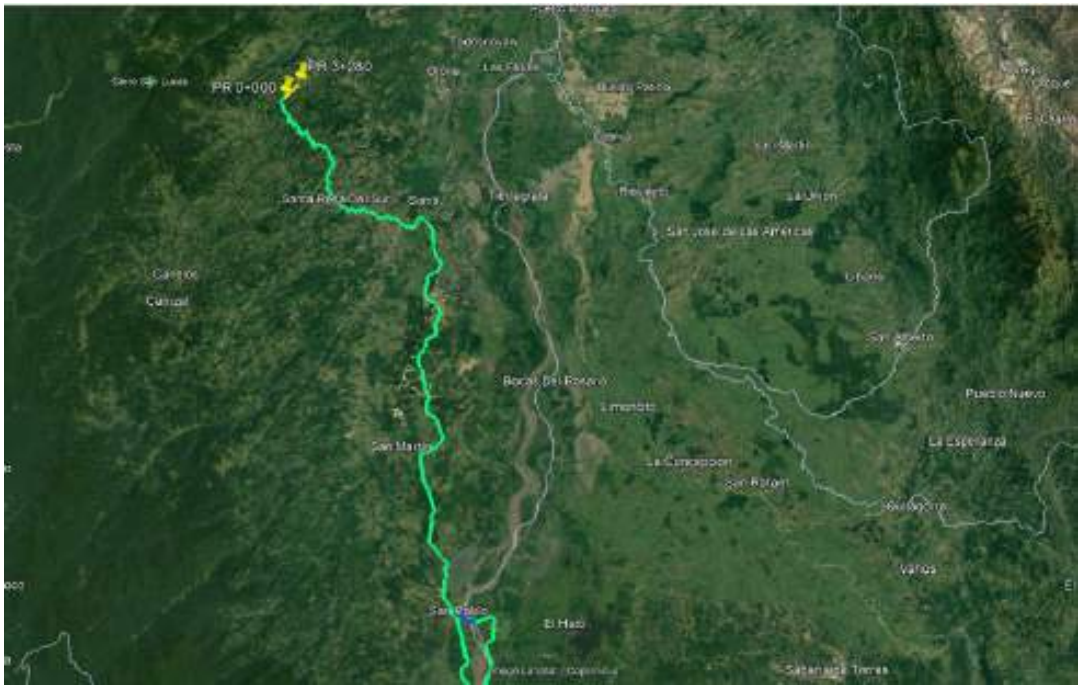
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga en Colombia, Resolución 004100 Ministerio de Transporte, Bogotá DC, 2004.

ANEXO 1. PLANO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PLACA HUELLA.



INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO

“AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DE LA VEREDA LA MENDOZA DEL CORREGIMIENTO DE SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL..”



VÍA RURAL VEREDA LA MENDOZA – MUNICIO DE SANTA ROSA DEL SUR

MAYO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 3
2. OBJETIVO 4
2.1. Objetivo general 4
2.2. Objetivos específicos 4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
4. METODOLOGÍA DE DISEÑO 6
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 7
5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 7
5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera 7
5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo 7
5.4. Cálculo de la transición de peralte 9
5.5. Rasante y curvas verticales 10
5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo. 10
5.7. Sección transversal típica de diseño. 11
6. DISEÑO GEOMÉTRICO 11
6.1. Características de diseño 11
6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 12
7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO 13
7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular. 13
7.2. Cálculo de las materiales de estructura 13
7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras 13
7.4. Señales verticales 13
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 15

1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo y mejoramiento de un Municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto y sus alrededores.

En el presente documento se relaciona el informe de Diseño Geométrico horizontal, vertical y transversal, como parte de la ejecución de los diseños necesarios para la solución integral de la consultoría, con la finalidad de que el presente contrato pueda ser ejecutado y así mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar. Facilitando la movilidad al momento de desplazarse por estas vías; adicional a lo mencionado se busca garantizarle a los conductores seguridad de desplazamiento.

Mediante el estudio de diseño geométrico se busca plantear diseños optimizados que cumplan los parámetros mínimos de seguridad, según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural; sin dejar a un lado que el proyecto sea económicamente viable, adicional a eso se establecen las recomendaciones para el diseño estructural de la placa huella, siendo consistentes con la infraestructura existente y las obras de drenaje actuales que funcionan sobre la vía.

Para un buen desarrollo en el diseño geométrico es necesario considerar como parámetro principal el diseño vertical de la vía, ya que uno de los principales inconvenientes que se puede presentan en la zona son los puntos de captación de aguas, en los cuales sea necesarios construir estructura hidráulica para la recolección de las escorrentías superficiales, dado que las condiciones topográficas en la zona de estudio son planas.

El resultado final del presente estudio se soporta en las memorias de diseño y anexos al presente informe, adicional se adjuntan los planos de localización y de diseño para facilitar al constructor un buen desarrollo durante la ejecución de la obra

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico para la construcción de placa huella en la vía rural vereda la Mendoza – Municipio de Santa Rosa del Sur, Departamento de Bolivar.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros de diseño para la nueva vía, buscando la mejor adaptación del diseño a la topografía actual, en lo posible ajustado a la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.
- Definir una sección transversal típica que cumpla con las expectativas de bombeo y peralte mínimo.
- Garantizar la seguridad de movilidad por la vía que se va a diseñar.
- Ajustar el proyecto en lo posible a la cartilla Colombia rural, en el trazado horizontal y vertical cumpliendo velocidades de diseño mínimas y pendientes máximas.
- Desarrollar un proyecto económicamente viable que solucione las necesidades de movilidad y accesibilidad a los habitantes de las localidades mencionadas anteriormente.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Santa Rosa del sur se encuentra localizado en la Zona de la Subregión Magdalena Medio del Departamento de Bolívar dista 733,5 kilómetros de la Ciudad capital del departamento. En su territorio la actividad económica del área rural del municipio está estrechamente relacionada con Agricultura, Ganadería y Minería, no obstante, existe un amplio sector con características agroecológicas para su desarrollo bajo condiciones ideales de explotación. Tiene una extensión total de 2.800 Km cuadrados de los cuales solo 224 kilómetros cuadrados corresponden a la superficie urbana, por lo cual se puede asegurar que el municipio en su totalidad responde a dinámicas rurales.

El Municipio de Santa Rosa del Sur, se localiza en las siguientes coordenadas:

Latitud: 7°57′48″N

Longitud: 74°03′12″O

Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com



Figura 1. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía Rural La Mendoza	3.6	0.7	150

4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en la categorización propuesta por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural en los términos de referencia, se adoptó una velocidad de diseño de 30 km/h en el tramo homogéneo y para las curvas horizontales, de esta forma garantizar la movilidad de los usuarios en condiciones de seguridad y comodidad.

El eje en planta se determina teniendo como referencia el coronamiento actual y los parámetros de diseño como radio mínimo; adicional se aprovechan los tramos con una topografía plana para adecuar la vía a los parámetros de diseño establecidos por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

Con base en el perfil longitudinal natural se procedió a trazar la correspondiente rasante de diseño; es necesario resaltar que en todo el desarrollo longitudinal de la vía se plantean pendientes longitudinales que varían del 0.41% al 0.78% tratando de conservar la forma del perfil longitudinal actual.

El diseño transversal de la vía se define en función de la estructura de la placa huella, la geometría de la zona, el diseño vertical y la necesidad de bombeo ya sea a dos aguas desde el eje de la vía o con una sola pendiente transversal entre los bordes de la vía; tal determinación se hará según la topografía de la vía, las vías de empalme que se encuentren pavimentadas, los sistemas de drenaje existentes y las intersecciones viales.

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La vía cuenta con una topografía plana ya que sus pendientes longitudinales no superan el 0.78%, por lo cual sus alineamientos no son de pendientes considerables y el movimiento de tierra durante su construcción es mínimo.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

✓ Clasificación: Rural

✓ Longitud vía diseñada: 150m

✓ Velocidad de diseño: 30 km/h

✓ Ancho de placa huella: 3.60 mts

✓ Bombeo Normal: 2.00%

✓ Peralte Máximo: +2.00%

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. La velocidad de diseño se determina con base a lo recomendado por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural que sugiere una velocidad de diseño de 30km/h.

5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.). El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de

entre tangencias que permitan realizar transiciones por lo cual el peralte máximo es de 2% por ser vías en placa huella.

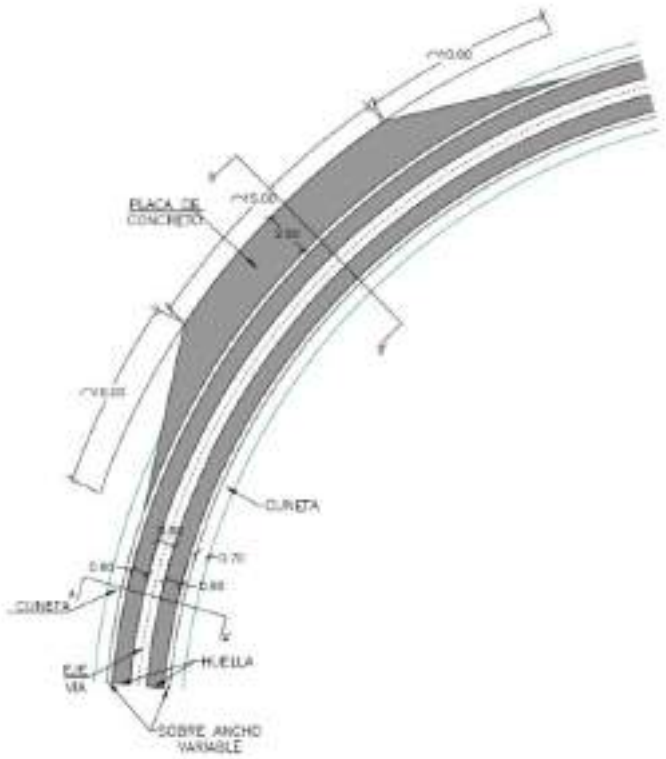


Figura 2. Detalle sobre ancho en curvas con radios mínimos.

Fuente: cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

5.4. Cálculo de la transición de peralte

Las longitudes de transición para este caso se toman a partir del bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte máximo en este caso se realiza la transición de peralte utilizando un 70% de la longitud de la curva circular por la poca entre tangencia que existe entre las curvas circulares.

Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la longitud de transición.

$$Lt = L + N$$

Donde

✓ Lt= longitud total de transición (m)

✓ L = longitud del punto peralte cero al punto peralte máximo (m)

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

$$L = a \times bw \times \left(\frac{ef - ei}{\Delta s}\right) ; \quad a = w \times n$$

Donde:

✓ a= Ancho de la calzada que gira (m)

✓ ef - ei = Cambio de peralte (%), donde ei = peralte inicial = 0

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

✓ bw = factor de ajuste debido al número de carriles que giran (m)

✓ Δs = inclinación relativa de la rampa de peraltes

✓ w = Ancho de carril (m)

✓ n = número de carriles que giran

$$N = \frac{BN \times L}{ef}$$

Donde

✓ BN= Bombeo normal (m)

✓ ef = Peralte total (%)

5.5. Rasante y curvas verticales

El diseño vertical se definió ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

El diseño de curvas verticales se realizó teniendo en cuenta el mejor ajuste al terreno existente. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima con el fin de evitar movimientos de tierra representativos.

5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo.

En el estudio se propone 5.0 m de calzada incluyendo cunetas para el tramo en placa huella, buscando una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto y que se ajusta al ancho de calzada existente en el tramo a intervenir.

Para el presente estudio geométrico se adopta un bombeo del 2%, ya que la sección transversal tiene un bombeo desde el eje de la vía.

5.7. Sección transversal típica de diseño.

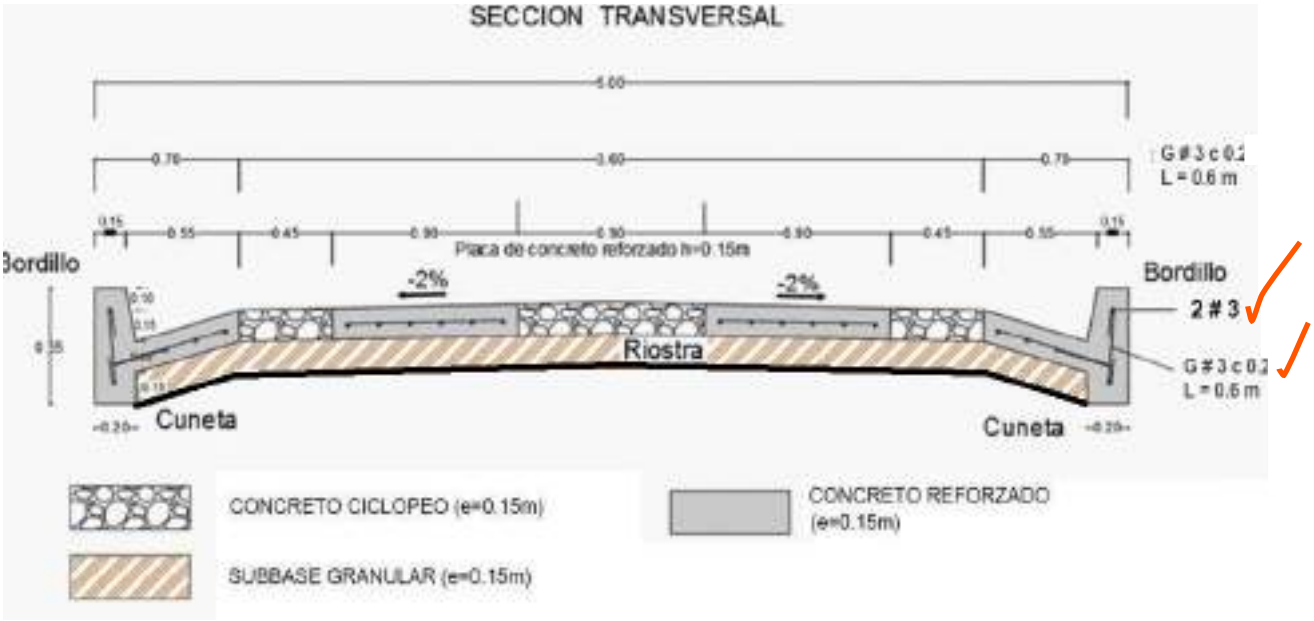


Figura 3. Sección transversal típica diseñada.

Fuente: Imagen extraída del diseño transversal.

En los anexos del presente informe se pueden observar las características de los Accesos viales:

✓ Cotas del terreno natural

✓ Cotas de diseño

✓ Bombeo seleccionado

✓ Diagrama de cotas transversales

✓ Volumen de Relleno

Adicional se puede observar la composición de cada sección transversal para el tramo vial.

6. DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. Características de diseño

Clasificación: Vía terciaria

Longitud de la vía a intervenir: 150 m

Velocidad de Operación: 30 km/h

La vía se localiza en terreno plano, con un ancho de placa huella de 3.60m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 30 km/h.

6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

Longitud: 150 m

Tipo de terreno: Plano.

Velocidad de diseño: 30 Km/h

Ancho de Calzada: 3.60 m

Ancho de Cuneta: 0.55 m

Ancho de Bordillo: 0.15 m

Bombeo Normal (BN): 2 %

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO

7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular.

Con base en la velocidad de diseño se definieron los diferentes parámetros de diseño vertical y horizontal de la vía diseñada los cuales se verán reflejados dentro del informe en una cartera de localización que exterioriza la información mínima para la localización del proyecto como es las coordenadas norte, este y cota rasante. Tal información se puede encontrar en el **Anexo 3.** Adicional en los planos de diseño planta perfil se pueden observar los parámetros de diseño horizontal como lo es la abscisa de diseño, el **PI** de las curvas horizontales, el **PC** y **PT** de las curvas circulares; de igual forma en los perfiles se encuentran los elementos verticales como longitud de la curva circular, el parámetro de control de visibilidad K, las cotas de diseño de la rasante con su respectivo abscisado.

7.2. Cálculo de las materiales de estructura

Ver **Anexo 6**.

7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Con base en las secciones transversales de diseño y las pendientes longitudinales, se calculó la cartera de movimiento de tierras para corte y lleno del terraplén. Ver **Anexo 5**.

7.4. Señales verticales

Ver **Anexo 7**.

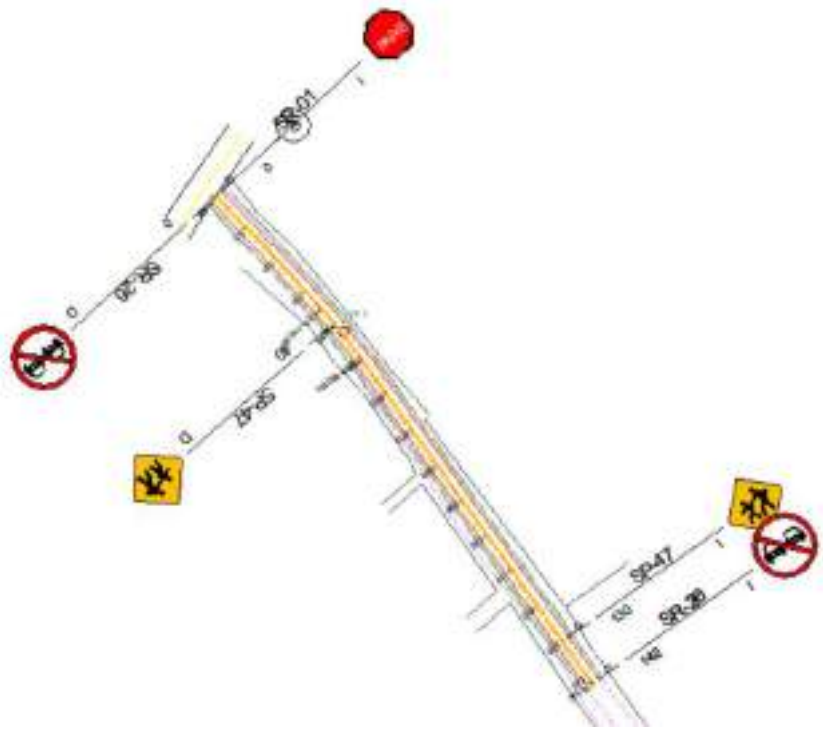


Figura 4. Señales verticales.

Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 30 Km/h, ajustando el diseño según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

✓ Se adoptó un ancho de calzada de 3.60 m para el tramo de placa huella, contemplando la construcción de cuneta 0.55m de ancho y bordillo de 0.15 como se muestra en la Figura 3.

✓ Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2% para los tramo homogéneos y rectos de la vía, en los tramos con curvas horizontales se diseñaron bombeos transicionales que permiten mejorar la movilidad de los usuario contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.

✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.

✓ Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

✓ Para un buen control y revisión del proyecto, se editaron planos de diseño geométrico (Planta – Perfil y Secciones), con el fin de tener control tridimensional de las vías diseñadas, en los cuales se pueden observar: Elementos de diseño geométrico horizontal, Acuerdos de diseño vertical, cotas de diseño tanto del eje como de los bordes de la vía, secciones de control transversal con (cotas de diseño, cota terreno, volúmenes parciales y acumulados de corte y lleno) y montaje de la estructura de pavimento.

Se recomienda no remplazar la subrasante debido a que tiene una buena composición geológica o de buena capacidad portante.

Elaboró:

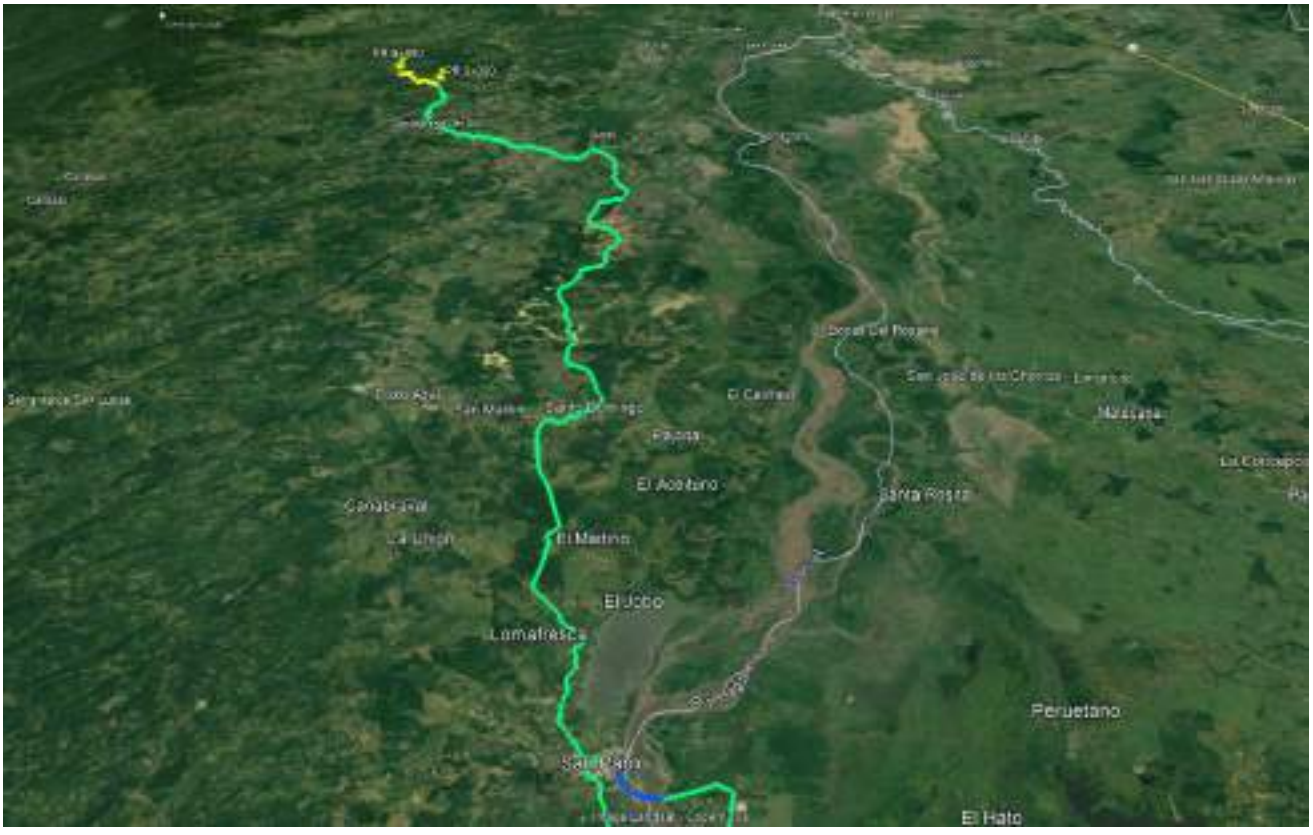
ANDY HAYLESON PALACIOS HOYOS

Especialista en Vías y Transportes
M.P. 22202-328510COR
C.C. No. 1.067.935.749

CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO

DISEÑO DE ESTRUCTURA PLACA HUELLA

“AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.



MAYO DE 2024

Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 3
2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO 3
3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE 4
4. OBJETIVOS 4
4.1 Objetivo general 4
4.2 Objetivos específicos 4
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
6. METODOLOGIA 6
7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA 7
7.1 Periodo y Transito de Diseño 7
7.2 Descripción del Modelo 7
7.3 Determinación de la Carga Aplicada a la Placa Huella 8
7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas 8
7.3.2 Vehículo de Diseño 8
7.3.3 Carga por Peso Propio 10
7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella 11
7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño 11
7.4.2. Criterio del instituto del asfalto 11
7.4.3. Criterio de Promedio 13
7.4.4. Análisis CBR de diseño 14
7.5.Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente 15
7.5 Resultados de la Evaluación del Modelo del Pavimento en Placa Huella 19
7.5.1 Diseño de Viga Riostra 22
7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta 23
7.6 Juntas 24
7.6.1 Junta Transversal 25
7.6.2 Junta Longitudinal 26
8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA 27
8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra 27
Características de los materiales 27
8.2 Concreto Ciclópeo 28
Características de los materiales 28
8.3 Acero 29
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto geométrica como estructuralmente las vías de un proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en calcular y dimensionar la estructura de placa huella. Además, Se consignan una serie de recomendaciones constructivas las cuales se aconseja respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la estructura de diseño y una alta precisión de las cantidades de obra durante la ejecución del proyecto. Así como también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de estructura a emplear.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto busca obtener la mejor configuración de la estructura del pavimento tipo placa huella que será construido en la vía rural del corregimiento de San Francisco – Municipio de Santa Rosa Del Sur. El pavimento con Placa-huella constituye 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.

En el presente estudio se analizó el comportamiento de los pavimentos de placa huella con losas continuamente reforzadas, el análisis se realiza mediante un modelo de elementos finitos para evaluar la respuesta de la placa huella a las cargas críticas del tránsito, con diferentes calidades de apoyo para determinar la respuesta de las placas y proponer diseños que se ajusten a las condiciones de uso nacionales, todo esto basado en lo establecido Resolución 04401 de 2017 – “Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella”.

3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

RES. 04401 DE 2017	Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella.
NTC-2289	Barras Corrugadas y Lisas de Acero, para refuerzo de
concreto. NSR-10	Norma Colombiana de Construcciones Sismo
Resistentes.	
CCP-14	Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- ✓ Realizar el diseño estructural para la vía rural del corregimiento de San Francisco – Municipio de Santa Rosa del Sur. En pavimento tipo Placa Huella.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Dimensionar los elementos que componen el tipo de pavimento Placa Huella.
- ✓ Presentar recomendaciones técnicas para la construcción del proyecto.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto para desarrollar se encuentra ubicado en la zona rural del Municipio de Santa Rosa del Sur, del departamento de Bolívar, en la vereda San francisco, teniendo como punto de cuyo inicio de intervención es el PR 0+000 y finaliza en el PR 6+880 en el corregimiento de San Francisco, la cual se ubica a 10 km aproximadamente del Municipio de Santa Rosa Del Sur. Al Municipio de Santa Rosa del Sur se conduce tomando la vía terciaria San Pablo - Simiti - Santa Rosa Del Sur, desde el municipio de San Pablo, al cual se accede tomando transporte fluvial desde el municipio de Puerto Wilches, Santander por el Río Magdalena de la vía San Francisco, conforme a la información levantada en campo por parte del equipo técnico de la Dirección Territorial Bolívar de INVIAS.

El proyecto en estudio se localiza en la vía rural corregimiento de San Francisco – municipio de Santa Rosa del Sur, A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de la vía en el municipio.



Fuente: Google Earth.
Figura 1. Localización del Proyecto.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía rural San Francisco	3.6	0.7	130

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 1. Nomenclatura de la Vía.

6. METODOLOGIA

El presente estudio tiene como objetivo la aplicación del diseño de placa huella expuesto en la resolución 04401 de 2017, que servir de base para el desarrollo de los estudios y diseño de la estructura de pavimento en placa huella, para el caso en estudio vía rural corregimiento de San Francisco – municipio de Santa Rosa del sur, departamento de Bolivar.

La metodología de diseño consistió en aplicar el Modelo de Elementos Finitos (FEM) para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentarían debido a la aplicación de las cargas vivas y muertas, tanto mayoradas como sin mayorar, en función de las exigencias de los códigos NSR-2010 y CCP-14, con los resultados obtenidos asociados a momentos, (M), cortantes (V), cargas (P), sea en placas o elementos viga o Beam (Frame), se procede a aplicar la Teoría de Resistencia I propuesta en el CCP-14, incluyendo la metodología de cálculo expuesta en dicho código para el diseño a momento y cortante.

Para El cálculo de los esfuerzos y deformaciones se llevó a cabo mediante elementos finitos tridimensionales, colocando la carga sobre la posición que genera el máximo esfuerzo de tensión en el concreto, la cual corresponde a la carga de borde en el centro longitudinal de la placa. Para el caso del eje tándem, la posición más crítica se presentó cuando uno de los ejes del tándem se ubica en el borde en el centro longitudinal de la placa. Con base en los resultados de la modelación se decidió evaluar placas-huellas en concreto simple de 0.90 m de ancho y 1.0 m de longitud, dimensiones que permiten controlar los esfuerzos

máximos de tensión y el efecto del gradiente de temperatura.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA

7.1 Periodo y Transito de Diseño

En Para el presente estudio se considera las recomendaciones obtenidas en el estudio de tránsito con un periodo de diseño de 20 años, el cual se utilizará para todos los análisis pertinentes, periodo que debe coincidir con la vida útil del pavimento.

Para el horizonte de diseño y teniendo la tasa de crecimiento anual definida se estima un numero de ejes equivalentes de 8.2 t en 35.582.

7.2 Descripción del Modelo

La 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 2). El modelo consistió en 7 módulos de 3.0 metros 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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 2. 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.

7.3 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 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.

7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas

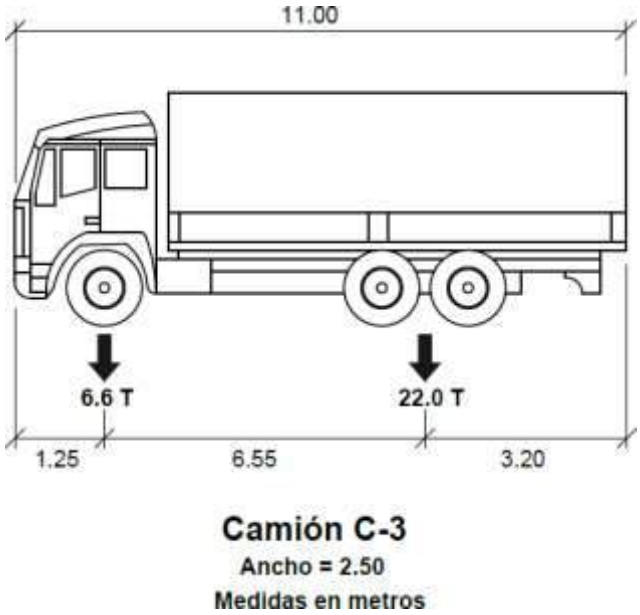
Para obtener un grado de confiabilidad alto, la determinación de las cargas a considerar en el diseño de pavimentos con placa huella debe minimizar las posibilidades de falla por incertidumbre en la estimación de cargas. Ante la poca información existente sobre factores de mayoración de cargas para el 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

7.3.2 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

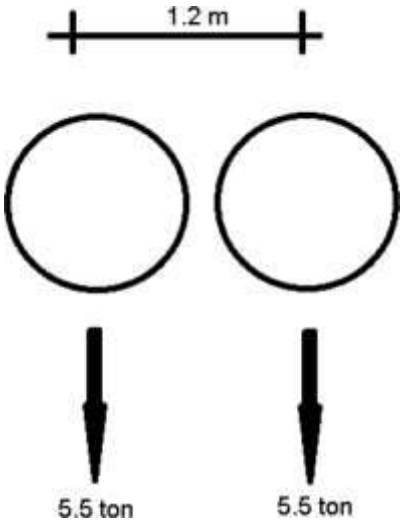
un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás (Figura 3). Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, por lo cual se usa el peso máximo permitido para efecto de los análisis en el presente estudio. La distribución 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).



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 3. Vehículo de Diseño. Camión C-3.

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 4.

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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 4. Distribución de Carga en el Semieje Tándem del Camión C3.

7.3.3 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= Factor 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, 30 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 1,9 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.

- **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

7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella

Partiendo de las recomendaciones hechas en el estudio de suelos realizado por la empresa Geotecnología Ingeniería y control s.a.s., que recomienda para la construcción de la placa huella, el CBR de diseño será igual a 3,55% Como se expresa a continuación.

RESUMEN CBR				
APIQUE	**PROFUNDIDAD m**	**HUMEDAD DEL ESTRATO %**	**CBR NATURAL**	**CBR SUMERGIDO**
1	0,30m-0,80m	15.10%	10.14%	1.04%
	0,80m-1,10m	15.50%		
	1,10m-1,50m	9.60%		
2	0,30m-0,80m	14.10%	26.67%	8.74%
	0,80m-1,10m	14.30%		
	1,10m-1,50m	12.70%		

Fuente: Estudio de Suelos.
Tabla 2. Resultados CBR Vía.

7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño

El CBR de diseño obtenido será utilizado para los cálculos de pavimento rígido, las metodologías más utilizadas para la selección del CBR de diseño son las siguientes:

- Criterio del instituto del asfalto
- Criterio de la media

7.4.2. Criterio del instituto del asfalto

Este método recomienda tomar un valor de tal manera que el 60%, 75% o el

87.5% de los valores individuales de CBR sea igual o mayor que el que se está tomando de referencia. El percentil se escoge según el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño, como se ilustra en la siguiente tabla:

NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
≤ 104	60.0
104 – 106	75.0
≥ 106	87.5

Tabla 3. Percentiles para determinar el CBR de diseño
Fuente: Información tomada del libro Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras, Volumen I, del Señor Carlos Hernando Higuera Sandoval

El procedimiento para determinar el CBR de diseño es el siguiente:

- Calcular el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño.
- Ordenar de menor a mayor los resultados de los CBR y determinar en porcentaje los valores mayores o iguales a cada uno.
- Se realiza una gráfica de CBR vs porcentajes mayores o iguales de cada uno.
- Con el percentil escogido se intercepta la curva de la gráfica trazando una línea paralela desde el eje de las Y, en donde corte se baja perpendicularmente en la intersección al eje de las X.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DEL INSTITUTO DEL ASFÁLTO			
ENSAYO No.	CBR (%)	NÚMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE DE VALORES IGUALES O MAYORES
1	1.04	2	100%
2	8.74	1	50%

Tabla 4. Porcentajes de valores de CBR mayores o iguales a cada uno.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior se obtiene la siguiente figura.

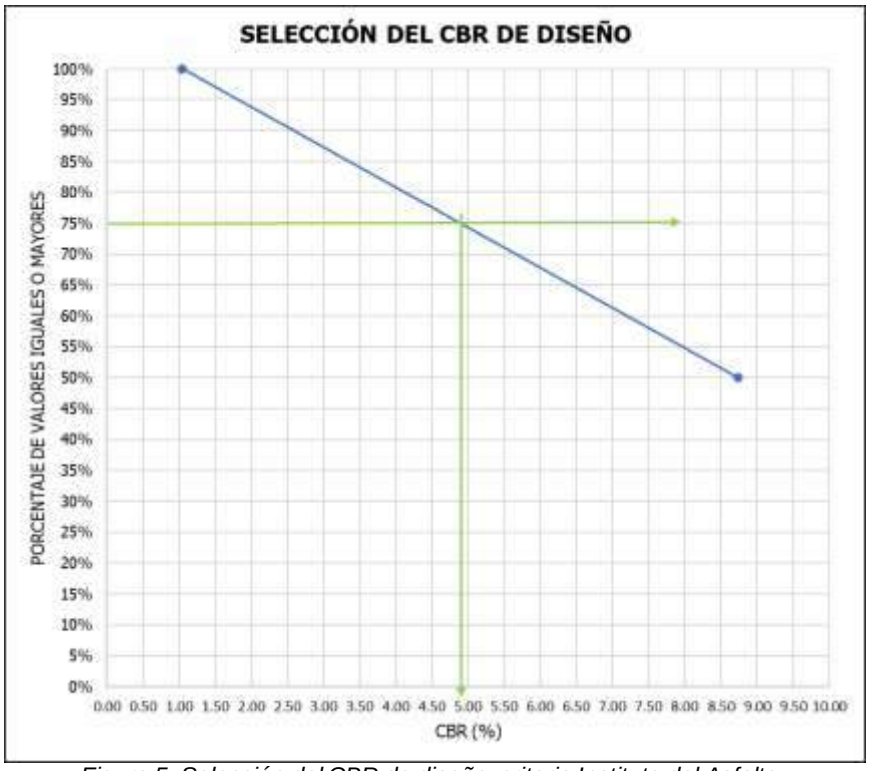


Figura 5. Selección del CBR de diseño, criterio Instituto del Asfalto.
Fuente: Elaboración propia.

Para un percentil del 75.0% el CBR de diseño es 4.95%

7.4.3. Criterio de Promedio

Este criterio consiste en determinar aquel valor en el cual la mitad de los valores quedan por debajo y la mitad por arriba del valor calculado. Al valor seleccionado se le disminuye la desviación estándar. El valor de la desviación estándar depende del nivel de confianza con que se realiza el diseño, como se muestra en la siguiente tabla.

NIVEL DE CONFIANZA (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

Tabla 5. Desviación estándar para diferentes niveles de confianza.
Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño se determina con la siguiente expresión:

CBR Diseño = CBR Medio – (Z* Desviación estándar CBR)

Para un nivel de confianza del 85%, se obtuvo el siguiente valor de CBR de diseño.

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DE LA MEDIA	
NIVEL DE CONFIANZA (%)	**DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)**
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)	1.00
DESVIACIÓN DE LOS VALORES DE CBR	2.75
PROMEDIO CBR	4.89
CBR DE DISEÑO	**2.14%**

Tabla 6. Determinación CBR de diseño criterio de la media.
Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Análisis CBR de diseño

Realizando un análisis de los resultados obtenidos mediante las metodologías del criterio del instituto del asfalto y de la media se puede evidenciar que la diferencia entre los valores arrojados por cada una es mínima, por ende, cualquiera de los dos métodos es válido para determinar el CBR de la subrasante de una unidad de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

MÉTODO	CBR DE DISEÑO (%)
Instituto del asfalto	4.95%
Media	2.14%
Promedio	**3.55%**

Tabla 7. Comparación de los métodos para determinar el CBR de diseño Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, como valor de CBR de diseño se adopta el promedio de las dos metodologías.

A continuación, se presenta una metodología para calcular CBR de diseño equivalente

para cumplir la relación en función del espesor del material de mejoramiento y CBR del material de mejoramiento que en este caso sería el mínimo valor del CBR mínimo de 10%.

7.5. Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla, debe tener un valor de CBR mínimo de 5% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es Mr=2555*(CBR0.64) *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)

E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)

E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2) n: Modulo ponderado de las capas

s: Espesor del material de mejoramiento (cm)

a: Radio del área cargada (cm)

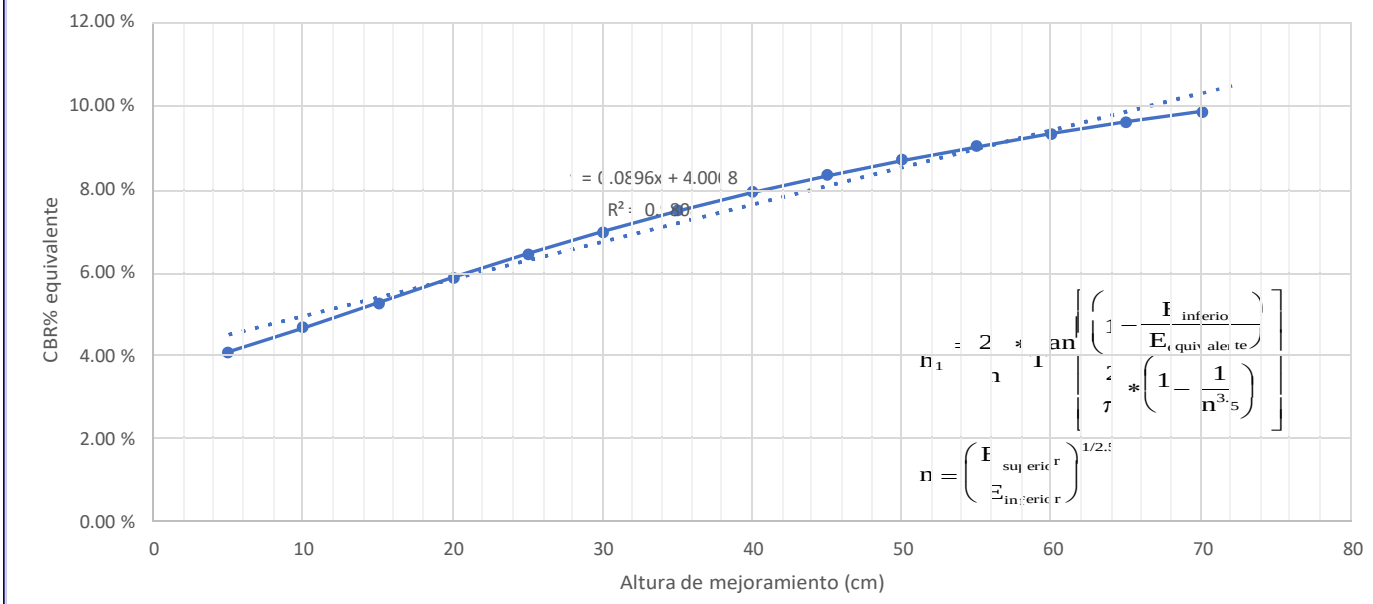
La ecuación permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia o CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 10%, de esta forma podemos conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la tabla siguiente se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

Metodología Ivanov		
CBR Subrasante (%)	3,55	CBR suministrado estudio geotécnico
CBR Material de Afirmado (%)	10	CBR del material de remplazo
MR subrasante (Kg/cm2)	404,14	Módulos resilientes por correlación (MR=2555*CBR^0.64) *0.070307. Lister y Powell (1987)
MR SBG (Kg/cm2)	784,13	
n	1,3	Modulo ponderado de las Capas
2a (cm)	30,14	Radio del area cargada (15.07)
s (cm)	15	Espesor del material de mejoramiento
MR Equivalente (Kg/cm2)	517,89	Modulo resiliente equivalente (Ivanov)
MR Equivalente (PSI)	747280.23	
CBR de Diseño Equivalente (%)	5,23	CBR de diseño

De lo anterior se infiere que el mejoramiento que debe tener la estructura de la placa huella es de 15 cm para la unidad de diseño a lo largo de todos sus tramos viales, además de presentar un CBR de 10%.

CBR_{SBR}	$E_{inferior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	5	439.88	4.05 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	10	478.7	4.63 %
3.55 %	***404.14***	***784.13***	***30.14***	***1.3***	***15***	***517.89***	***5.23 %***
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	20	555.32	5.83 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	25	589.81	6.41 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	30	620.94	6.94 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	35	648.72	7.44 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	40	673.43	7.88 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	45	695.39	8.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	50	714.95	8.66 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	55	732.42	8.99 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	60	748.07	9.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	65	762.17	9.57 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	70	774.9	9.82 %

RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE



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 subbase apoyada sobre la subrasante natural o mejorada, 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 subrasante (ecuación 1). Con base en la ecuación 1 y las correlaciones de la PCA entre el módulo resiliente y módulo de reacción de la subrasante se construyó la Tabla 3.

MR: 1500*(CBR%) *(Ecuación 1)*

Donde,

MR: Modulo resiliente de la subrasante en PSI

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante

CBR	MR (PSI)	K (PCI)	K (KN/m³)
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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 8. Correlación entre el Módulo de Reacción de la Subrasante 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 9, que considera el efecto sobre el módulo de reacción de una subbase sin tratar colocada sobre la subrasante.

K subrasante [kN/m³]	Espesor de Subbase en (m)			
	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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 9. Módulo de Reacción del Conjunto Subrasante - Subbase [kN/m3] (modificada de Huaung, 2004)

De acuerdo con lo anterior para una subrasante mejorada con un CBR de 5,23% y una subbase granular de 0.15 metros, el módulo de reacción del conjunto

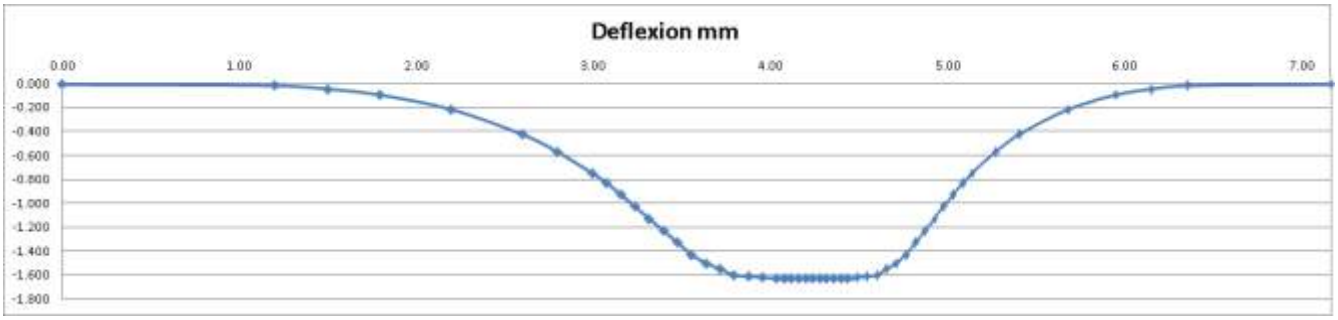
subrasante-subbase corresponde a 42,279.59 KN/m3.

7.5 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:

- Ancho de banda: 0.90 metros (ancho de la placa huella)
- Módulo de elasticidad del concreto: 2.1*106 kN/m2
- Módulo de reacción del soporte: 42,279.59 kN/m3
- Momento de inercia del cimiento: 2,53125*10¯ 4

En las Figuras 6 y 7 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.

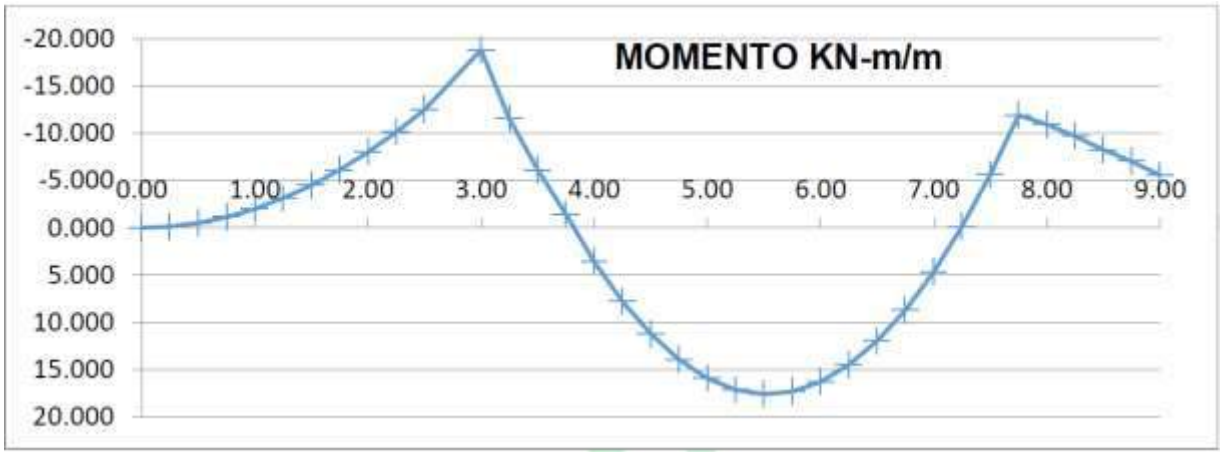


Fuente: Elaboración Propia.
Figura 6. Deflexiones en la Placa Huella.

La Figura 7 muestra que el momento máximo que se presenta en la placa huella corresponde a 18.62 kN-m. Una placa huella de 0.15 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.

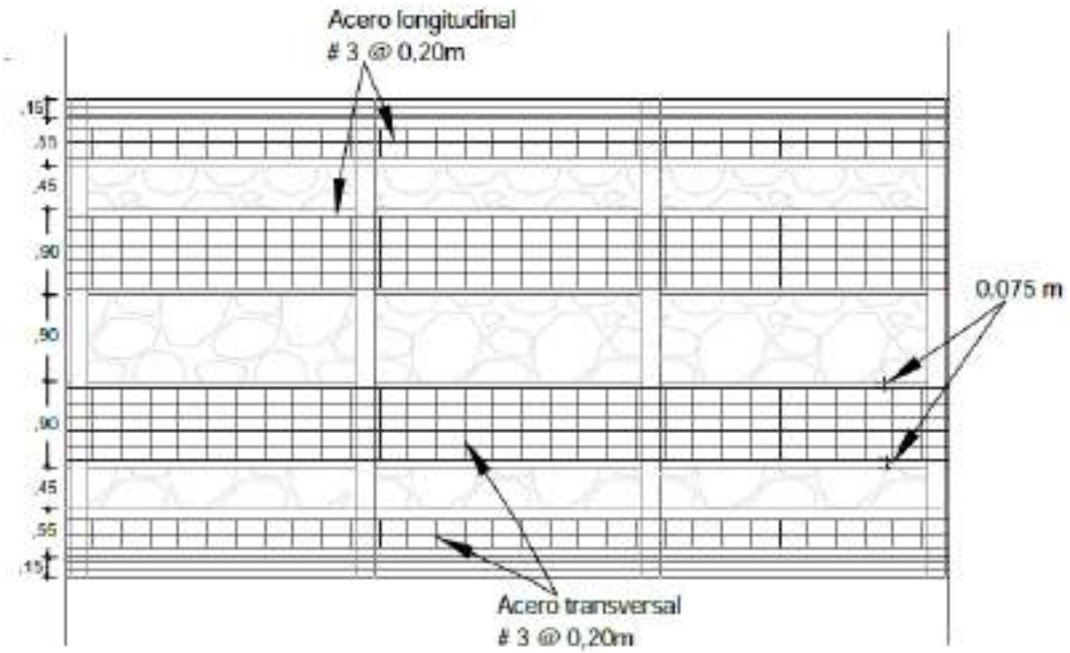


Fuente: Elaboración Propia.
Figura 7. Momentos en la Placa Huella.

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 0.15 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.

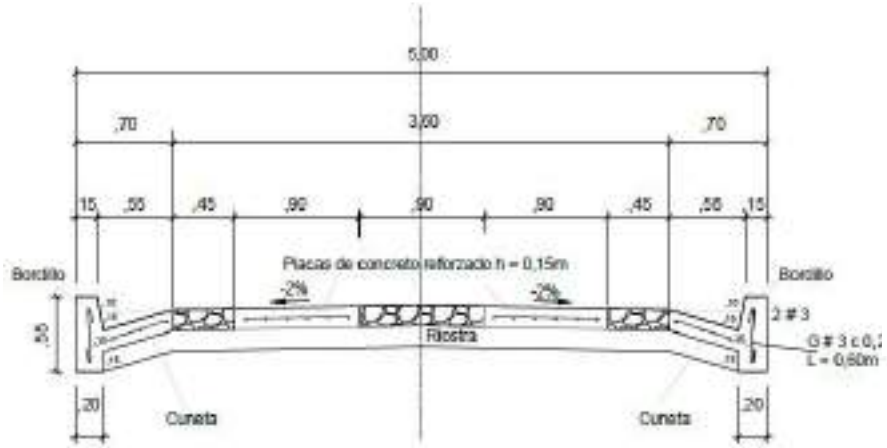
Con el fin de fijar el acero de refuerzo longitudinal y transversas, se recomienda la colocación de acero transversal con barras # 3 cada 20 centímetros, con el propósito fijar el acero longitudinal, evitar desplazamientos durante la construcción y permitir una mejor distribución de esfuerzos transversalmente.

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

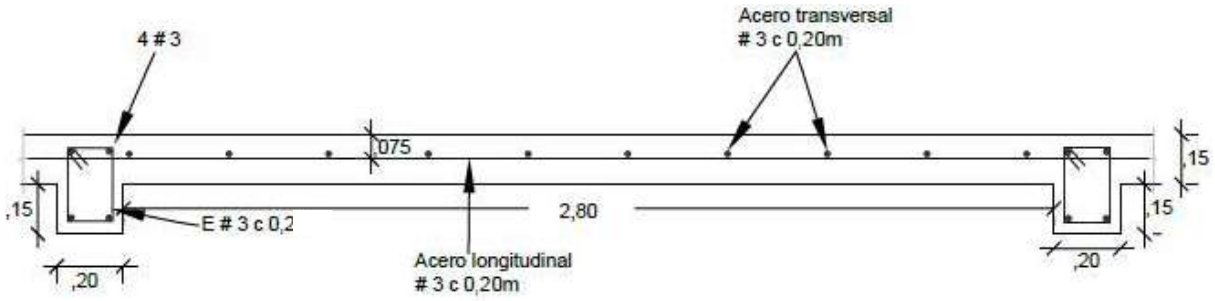


cargas que la placa huella deberá tener un refuerzo similar al de estas.

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 8. Planta de Distribución del Refuerzo – Placa Huella.



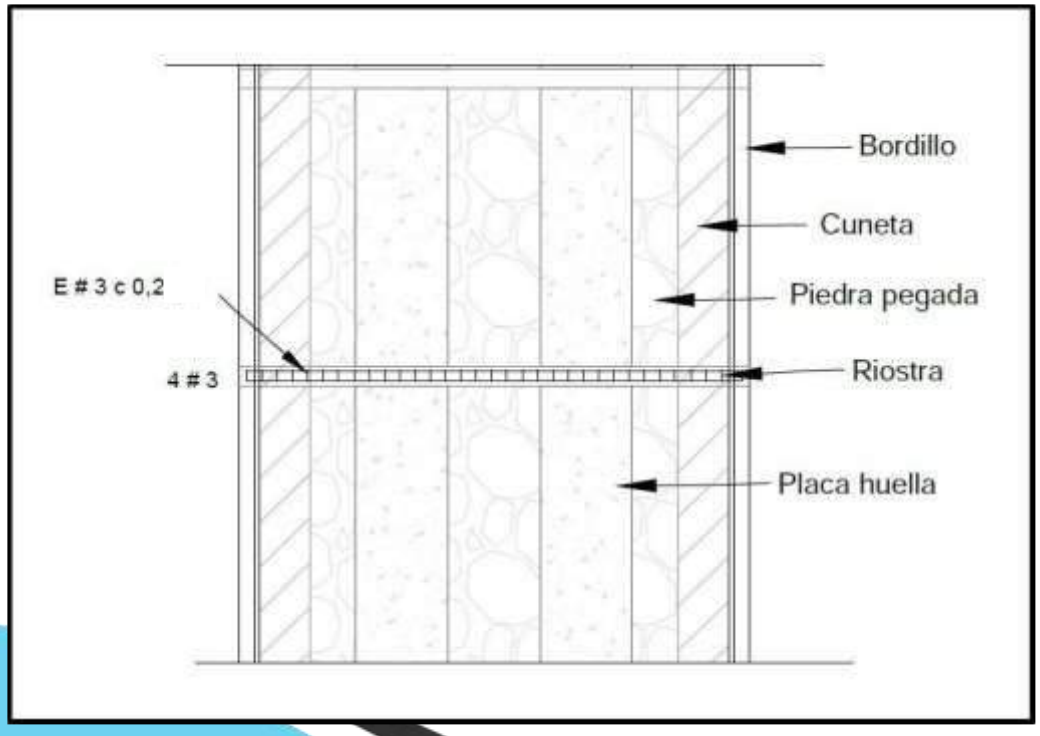
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 9. Corte Transversal – Placa Huella.



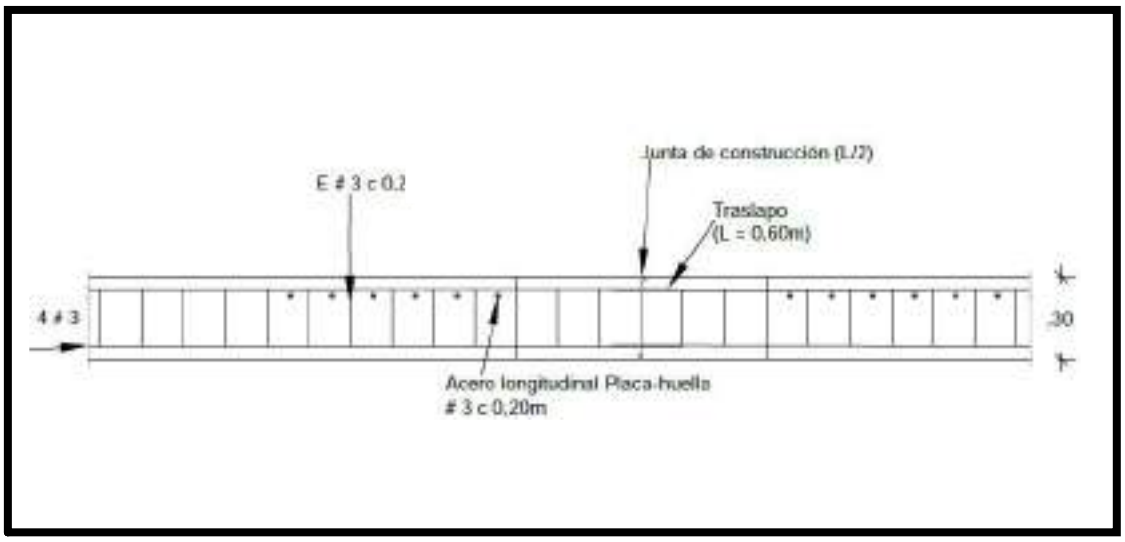
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 10. Corte Longitudinal - Placa Huella.

7.5.1 Diseño de Viga Riostra

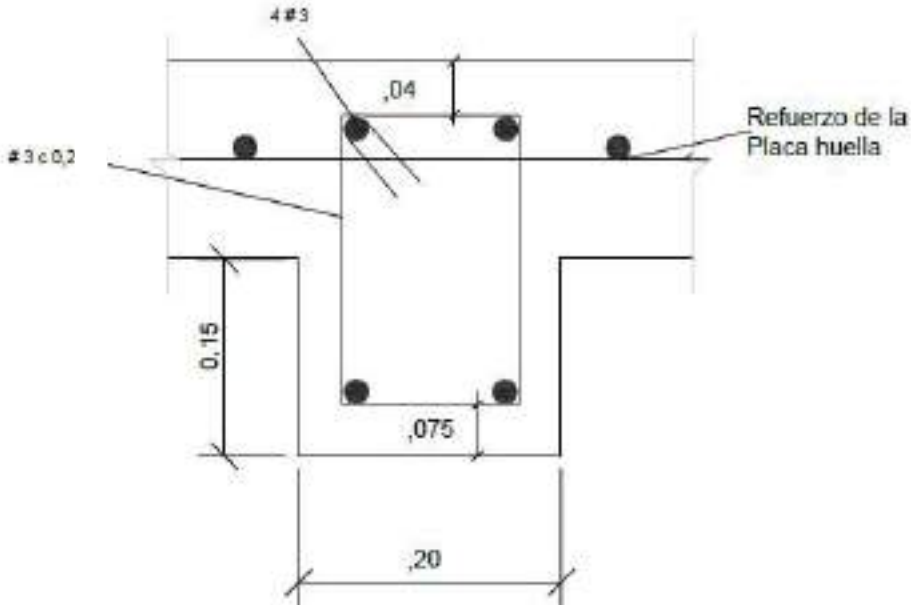
Las riostras son elementos cuya función es confinar la subbase y garantizar que las placas huellas trabajen monolíticamente, las mismas están sometidas a esfuerzos bajos, por lo que se recomienda la colocación de la cuantía mínima de refuerzo para estos elementos que corresponde a 4 barras # 3 longitudinalmente (dos arriba y dos abajo) y estribos #3 cada 20 centímetros.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 11. Planta de Distribución del Refuerzo – Viga Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 12. Corte Longitudinal – Viga Riostra.

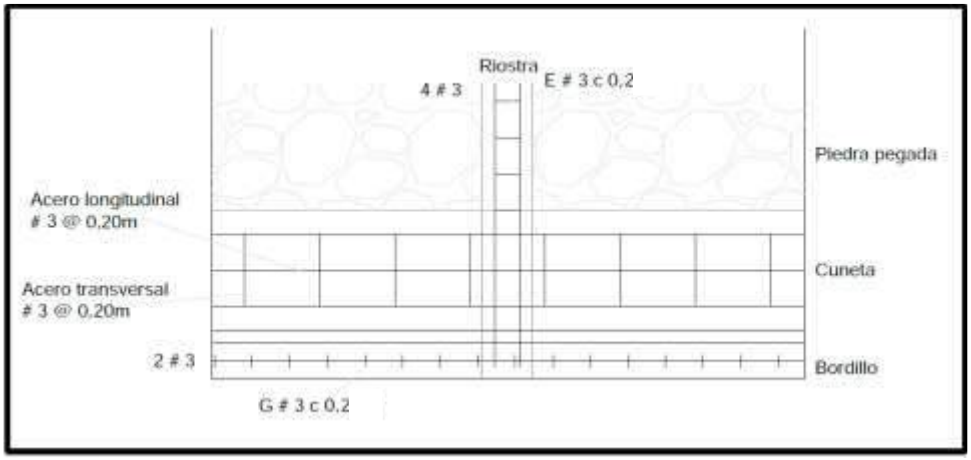


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 13. Corte Transversal Sección en Placa Huella – Viga Riostra.

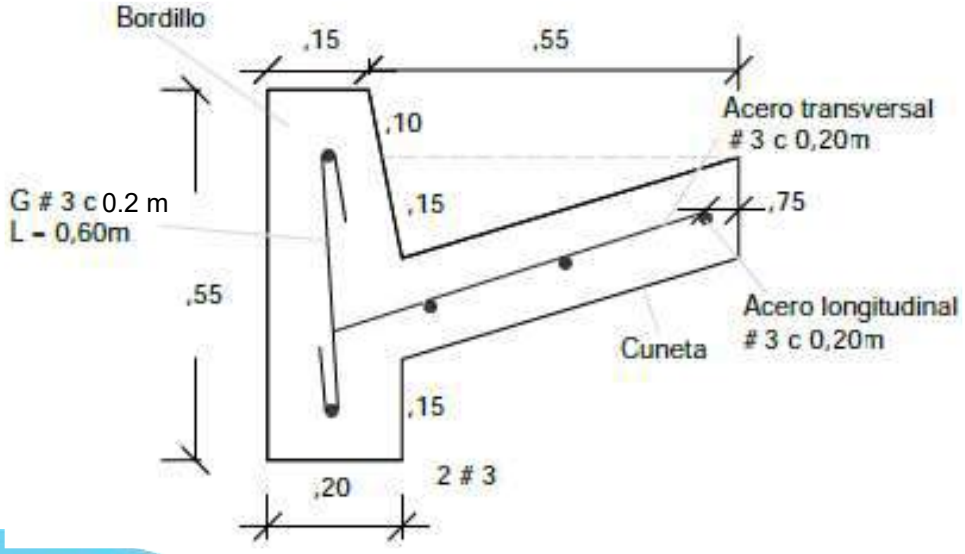
7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta

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.

A continuación, se presentan los detalles de la berma-cuneta y el bordillo.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 14. Planta de Distribución del Refuerzo – Berma-Cuneta.

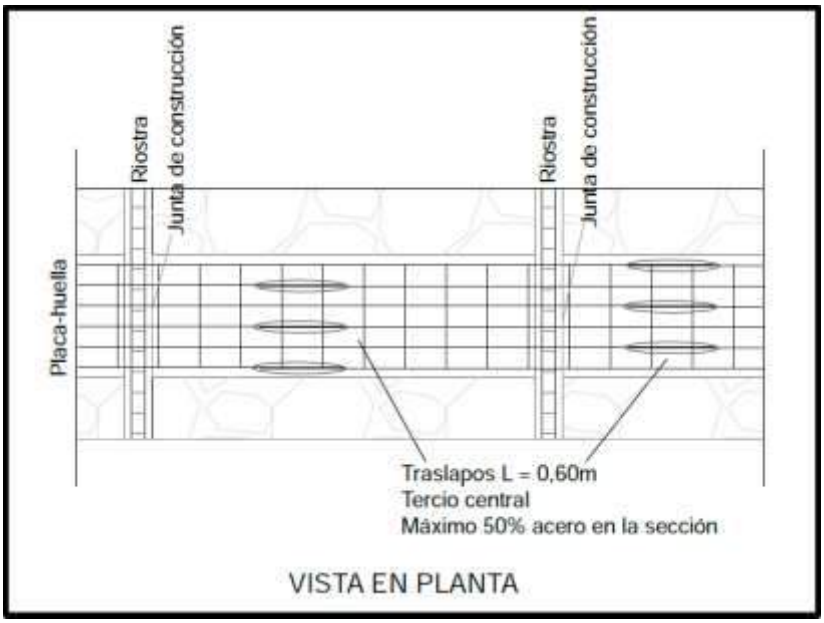


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 15. Corte Berma-Cuneta.

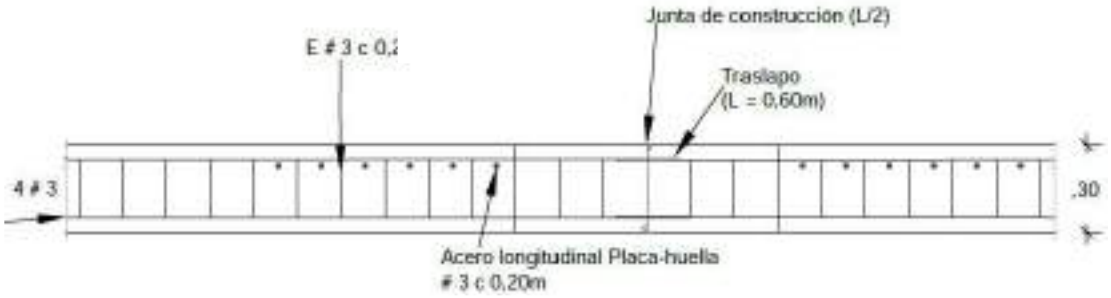
7.6 Juntas

El modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, afín de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción.

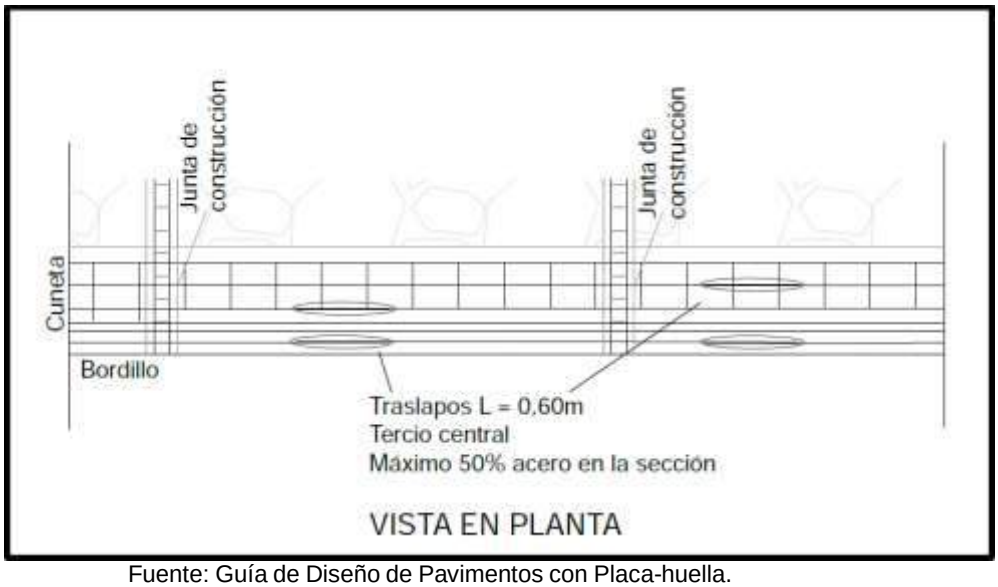
7.6.1 Junta Transversal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 16. Junta transversal de construcción en la Placa-Huella.

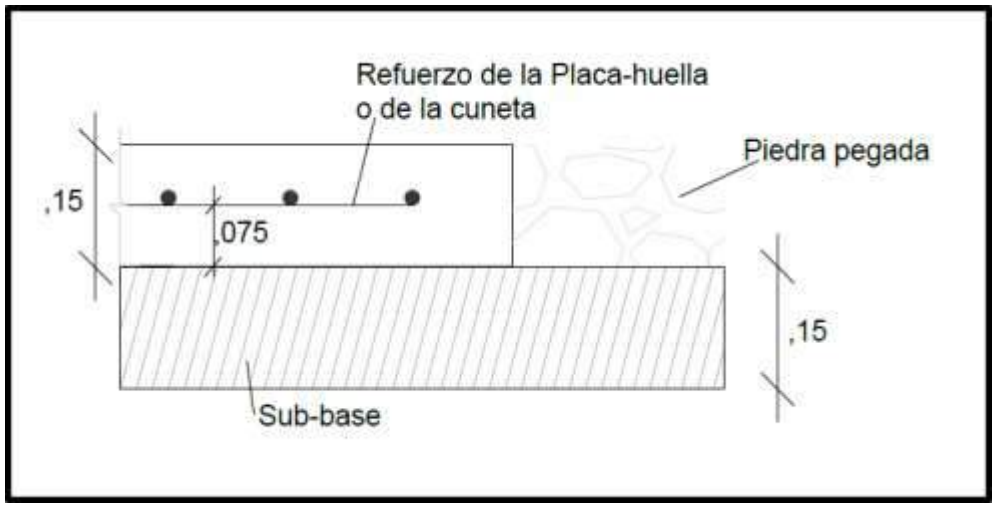


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 17. Junta transversal de construcción en la Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 18. Junta transversal de Construcción en la Berma-Cuneta.

7.6.2 Junta Longitudinal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.
Figura 19. Junta Longitudinal etren la Placa-Huella o Berma Cuneta y la Piedra Pegada.

8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA

8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra

En la mayoría de las obras de pavimentación con placa-huella el concreto utilizado se fabrica en la vía, en donde no existen los medios para ejercer un control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la inversión en un pavimento con placa-huella es cuantiosa y que éste debe permanecer durante décadas en condiciones de servicio satisfactorias resulta obligatorio utilizar una mezcla de concreto que ofrezca garantía de durabilidad.

Por la razón anterior, que no es otra que garantizar la durabilidad del concreto sometido a la intemperie y al desgaste producido por la fricción al paso de las llantas de los vehículos, la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable que en este caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

Una vez identificada la fuente de agregados a utilizar en el proyecto es indispensable realizar, en laboratorio, el diseño de la mezcla de concreto incluyendo los ensayos de calidad a los agregados los cuales deben cumplir los requisitos para concreto estructural establecidos en las especificaciones vigentes del Instituto Nacional de Vías.

Ahora bien, si se realiza en la obra un control de calidad básico 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, 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 no es difícil lograr una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg/cm2.

Características de los materiales

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg /cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho milímetros (38 mm).
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

8.2 Concreto Ciclópeo

La principal función de la piedra pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos con placa-huella reforzada, por ende, ésta no tiene capacidad estructural y por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión de esfuerzos con los otros elementos del pavimento con placa-huella.

En las franjas de piedra pegada, cuyo material se asimila a un concreto ciclópeo, es necesario tener en cuenta que al igual que las placas-huella también van a estar sometidas al deterioro producido por el efecto del clima (sol y lluvia) y por el desgaste producido por la abrasión generada por las llantas de los vehículos así sea esporádica la circulación sobre ellas. Además, estas franjas deben permanecer durante más de veinte años sin evidenciar deterioros significativos.

La especificación INV Art 630 - 2013 establece una resistencia del concreto menor para el ciclópeo.

Lo anterior bajo el entendimiento que el concreto ciclópeo es para usos diferentes al de una eventual circulación de vehículos sobre este material.

Basados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella (Resolución Invias 04401 del 17 de octubre de 2017), en aras de velar por la durabilidad del pavimento con placa- huella, también determina que el concreto incorporado en las franjas de piedra pegada tenga una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

En cuanto a la piedra a utilizar se recomienda que sea de canto rodado ya que estas piedras presentan una mayor resistencia al desgaste.

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:

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg/cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho (38 mm) milímetros.
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.
- Tamaño máximo de agregado ciclópeo Tmáx. = entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.
- Deben ser cantos rodados. Nacional de Vías.

8.3 Acero

El acero se define por su resistencia y se contempla mínimo
de fy: 4200 Kg/cm2 ≤ fy ≤ 5200 Kg/cm2.

Independiente del diámetro o varilla a usar en los elementos estructurales. Según las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con las Normas NTC-2289 – (ASTM A706M). No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245, ni aceros trabajados en frio o trefilado. Ceñirse a lo indicado en el capítulo C-7 de la norma NSR-210.

Cuando sea necesaria la ductilidad o soldadura, se deben especificarse aceros que cumplan con las exigencias de la norma ASTM A 706 “Low Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement”.

El módulo de elasticidad del acero se define ES=200.000 Mpa

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

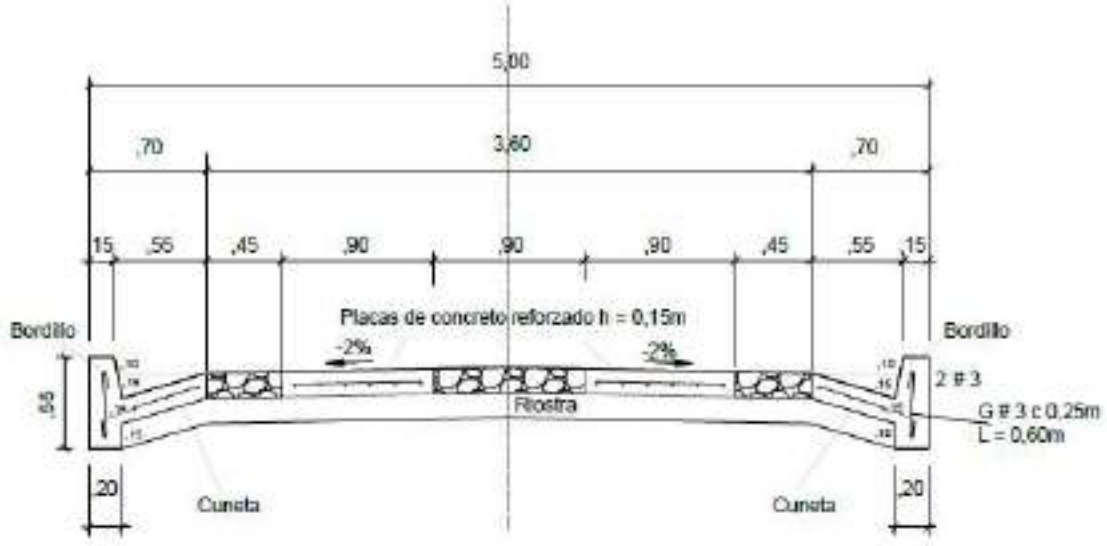
Los análisis se realizaron con superficie de apoyo con un módulo de reacción del conjunto de 42,279.59 KN/m3, la subrasante presenta una buena calidad y una subbase granular de 0.15 mt de espesor. Durante el proceso constructivo se debe garantizar el cumplimiento de estas condiciones mínimas, las cuales deben mantenerse durante el periodo de servicio del pavimento para garantizar la durabilidad de este. Tanto la subrasante como la subbase deben ser debidamente compactadas. Se debe garantizar el confinamiento de la subbase 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 subbase (15 cm).

Es evidente que la cuantía de acero requerida por una placa-huella es mayor a medida que crece la longitud de ella. En este orden de ideas la placa-huella de 2.80 m de longitud (su ancho no influye) requiere más acero que la placa-huella de 1.60 m de longitud. Pero de las modelaciones con elementos finitos se concluyó que las diferencias en la cuantía de acero no son significativas por lo que se decidió asumir para todas las placas-huella la cuantía requerida por la más crítica que es la de 2.80 m de longitud. Lo anterior facilita enormemente los procesos constructivos ya que la armadura es la misma para todas las placas-huella. Lo mismo sucede para las riostras independientemente de su longitud.

Teniendo en cuenta la calidad del soporte de la placa-huella se recomienda no tocar la subrasante debido a sus componentes morfológicos que son de buena calidad.

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 permitetraslapodemáximoel50%delacero longitudinal.

Nueva estructura de la placa huella:



ANDYHAYLESONPALACIOSHOYOS
M.P.22202-328510COR
C.C. No. 1.067.935.749
Especialista en Vías y Transportes

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS “Obras Menores
  de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural”, Bogota, 2020.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS “Guía de Diseño
  de Pavimentos con Placa - Huella”, Bogota, 2015.

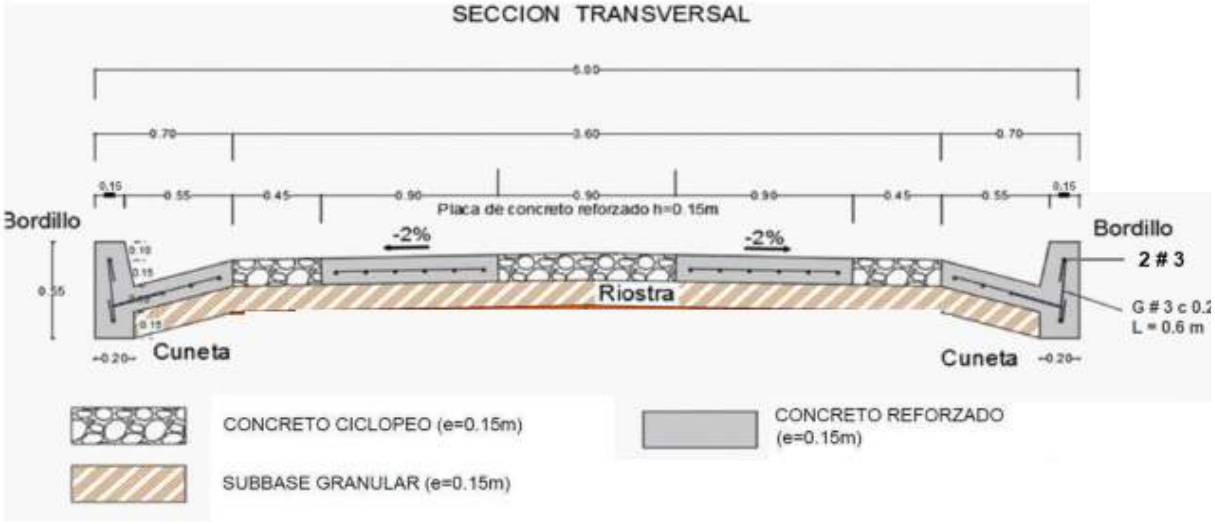
- MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS – INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO ICPC, “Manual de Diseño de
  Pavimentos de Concreto para Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito”, Medellin, 2008.

- Anonimo, Especificación 500-1P Placa-huella en concreto.

- J. F. Arango-Londoño, Diseño de pavimentos reforzados: evaluación de factores de carga y subresistencia por el método LRFD, Tecno Lógicas, nº 14, pp. 89-103, 2005.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga en Colombia, Resolución 004100 Ministerio de Transporte, Bogotá DC, 2004.

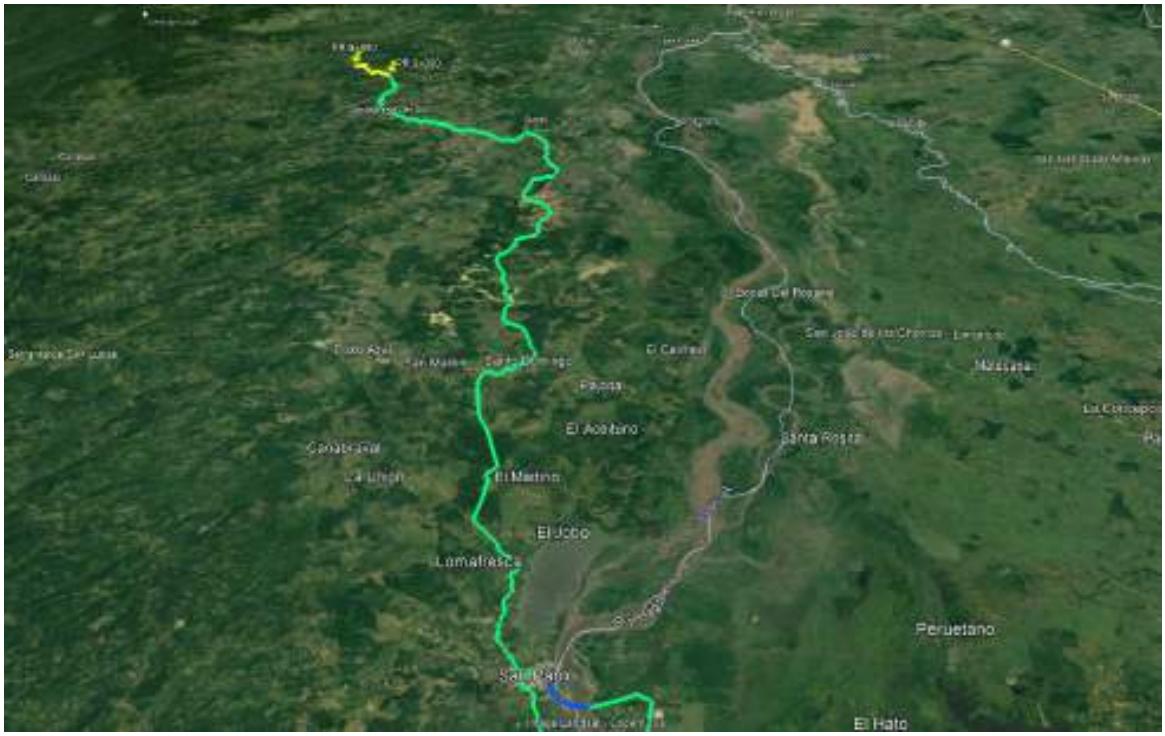
ANEXO 1. PLANO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PLACA HUELLA.



Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com

INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO

“AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.”



VÍA RURAL SAN FRANCISCO – MUNICIO DE SANTA ROSA DEL SUR

MAYO DE 2024

Cra 9a #34-65, 2do Piso 3207675124 - 3117161148
handasa.sas@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 3
2. OBJETIVO 4
2.1. Objetivo general 4
2.2. Objetivos específicos 4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
4. METODOLOGÍA DE DISEÑO 6
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 7
5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 7
5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera 7
5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo 7
5.4. Cálculo de la transición de peralte 9
5.5. Rasante y curvas verticales 10
5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo. 10
5.7. Sección transversal típica de diseño. 11
6. DISEÑO GEOMÉTRICO 11
6.1. Características de diseño 11
6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 12
7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO 13
7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular. 13
7.2. Cálculo de las materiales de estructura 13
7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras 13
7.4. Señales verticales 13
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 15

1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo y mejoramiento de un Municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto y sus alrededores.

En el presente documento se relaciona el informe de Diseño Geométrico horizontal, vertical y transversal, como parte de la ejecución de los diseños necesarios para la solución integral de la consultoría, con la finalidad de que el presente contrato pueda ser ejecutado y así mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar. Facilitando la movilidad al momento de desplazarse por estas vías; adicional a lo mencionado se busca garantizarle a los conductores seguridad de desplazamiento.

Mediante el estudio de diseño geométrico se busca plantear diseños optimizados que cumplan los parámetros mínimos de seguridad, según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural; sin dejar a un lado que el proyecto sea económicamente viable, adicional a eso se establecen las recomendaciones para el diseño estructural de la placa huella, siendo consistentes con la infraestructura existente y las obras de drenaje actuales que funcionan sobre la vía.

Para un buen desarrollo en el diseño geométrico es necesario considerar como parámetro principal el diseño vertical de la vía, ya que uno de los principales inconvenientes que se puede presentan en la zona son los puntos de captación de aguas, en los cuales sea necesarios construir estructura hidráulica para la recolección de las escorrentías superficiales, dado que las condiciones topográficas en la zona de estudio son planas.

El resultado final del presente estudio se soporta en las memorias de diseño y anexos al presente informe, adicional se adjuntan los planos de localización y de diseño para facilitar al constructor un buen desarrollo durante la ejecución de la obra

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico para la construcción de placa huella en la vía rural San Francisco – Municipio de Santa Rosa del Sur, Departamento de Bolivar.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros de diseño para la nueva vía, buscando la mejor adaptación del diseño a la topografía actual, en lo posible ajustado a la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.
- Definir una sección transversal típica que cumpla con las expectativas de bombeo y peralte mínimo.
- Garantizar la seguridad de movilidad por la vía que se va a diseñar.
- Ajustar el proyecto en lo posible a la cartilla Colombia rural, en el trazado horizontal y vertical cumpliendo velocidades de diseño mínimas y pendientes máximas.
- Desarrollar un proyecto económicamente viable que solucione las necesidades de movilidad y accesibilidad a los habitantes de las localidades mencionadas anteriormente.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Santa Rosa se encuentra localizado en la Zona de la Subregión Magdalena Medio del Departamento de Bolívar dista 733,5 kilómetros de la Ciudad capital del departamento. En su territorio la actividad económica del área rural del municipio está estrechamente relacionada con Agricultura, Ganadería y Minería, no obstante, existe un amplio sector con características agroecológicas para su desarrollo bajo condiciones ideales de explotación. Tiene una extensión total de 2.800 Km cuadrados de los cuales solo 224 kilómetros cuadrados corresponden a la superficie urbana, por lo cual se puede asegurar que el municipio en su totalidad responde a dinámicas rurales.

El Municipio de Santa Rosa del Sur, se localiza en las siguientes coordenadas:

Latitud: 7°57′48″N

Longitud: 74°03′12″O



Figura 1. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía Rural San Clemente	3.6	0.7	150

4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en la categorización propuesta por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural en los términos de referencia, se adoptó una velocidad de diseño de 30 km/h en el tramo homogéneo y para las curvas horizontales, de esta forma garantizar la movilidad de los usuarios en condiciones de seguridad y comodidad.

El eje en planta se determina teniendo como referencia el coronamiento actual y los parámetros de diseño como radio mínimo; adicional se aprovechan los tramos con una topografía plana para adecuar la vía a los parámetros de diseño establecidos por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

Con base en el perfil longitudinal natural se procedió a trazar la correspondiente rasante de diseño; es necesario resaltar que en todo el desarrollo longitudinal de la vía se plantean pendientes longitudinales que varían del 0.41% al 0.78% tratando de conservar la forma del perfil longitudinal actual.

El diseño transversal de la vía se define en función de la estructura de la placa huella, la geometría de la zona, el diseño vertical y la necesidad de bombeo ya sea a dos aguas desde el eje de la vía o con una sola pendiente transversal entre los bordes de la vía; tal determinación se hará según la topografía de la vía, las vías de empalme que se encuentren pavimentadas, los sistemas de drenaje existentes y las intersecciones viales.

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La vía cuenta con una topografía plana ya que sus pendientes longitudinales no superan el 0.78%, por lo cual sus alineamientos no son de pendientes considerables y el movimiento de tierra durante su construcción es mínimo.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

✓ Clasificación: Rural

✓ Longitud vía diseñada: 150m

✓ Velocidad de diseño: 30 km/h

✓ Ancho de placa huella: 3.60 mts

✓ Bombeo Normal: 2.00%

✓ Peralte Máximo: +2.00%

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. La velocidad de diseño se determina con base a lo recomendado por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural que sugiere una velocidad de diseño de 30km/h.

5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.). El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de

entre tangencias que permitan realizar transiciones por lo cual el peralte máximo es de 2% por ser vías en placa huella.

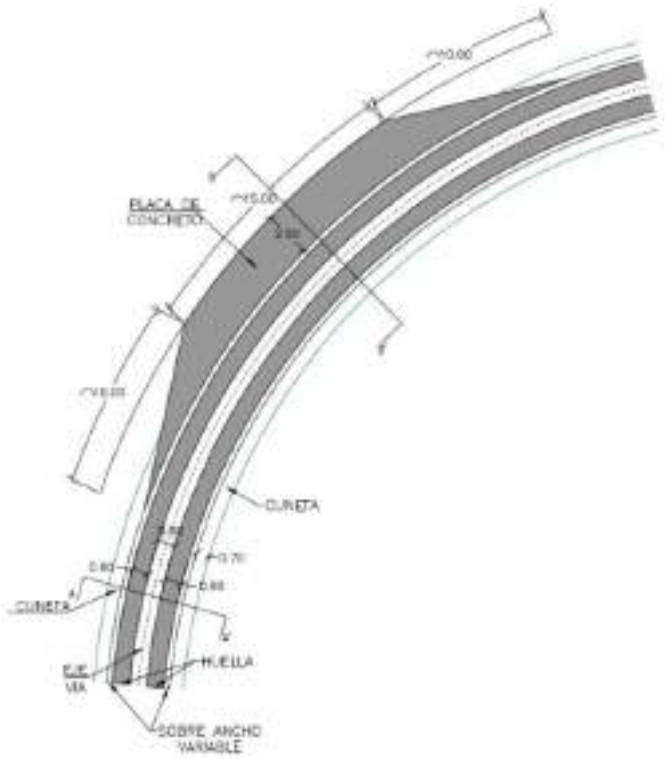


Figura 2. Detalle sobre ancho en curvas con radios mínimos.

Fuente: cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

5.4. Cálculo de la transición de peralte

Las longitudes de transición para este caso se toman a partir del bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte máximo en este caso se realiza la transición de peralte utilizando un 70% de la longitud de la curva circular por la poca entre tangencia que existe entre las curvas circulares.

Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la longitud de transición.

$$Lt = L + N$$

Donde

✓ Lt= longitud total de transición (m)

✓ L = longitud del punto peralte cero al punto peralte máximo (m)

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

$$L = a \times bw \times \left(\frac{ef - ei}{\Delta s}\right) ; \quad a = w \times n$$

Donde:

✓ a= Ancho de la calzada que gira (m)

✓ ef - ei = Cambio de peralte (%), donde ei = peralte inicial = 0

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

✓ bw = factor de ajuste debido al número de carriles que giran (m)

✓ Δs = inclinación relativa de la rampa de peraltes

✓ w = Ancho de carril (m)

✓ n = número de carriles que giran

$$N = \frac{BN \times L}{ef}$$

Donde

✓ BN= Bombeo normal (m)

✓ ef = Peralte total (%)

5.5. Rasante y curvas verticales

El diseño vertical se definió ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

El diseño de curvas verticales se realizó teniendo en cuenta el mejor ajuste al terreno existente. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima con el fin de evitar movimientos de tierra representativos.

5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo.

En el estudio se propone 5.0 m de calzada incluyendo cunetas para el tramo en placa huella, buscando una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto y que se ajusta al ancho de calzada existente en el tramo a intervenir.

Para el presente estudio geométrico se adopta un bombeo del 2%, ya que la sección transversal tiene un bombeo desde el eje de la vía.

5.7. Sección transversal típica de diseño.

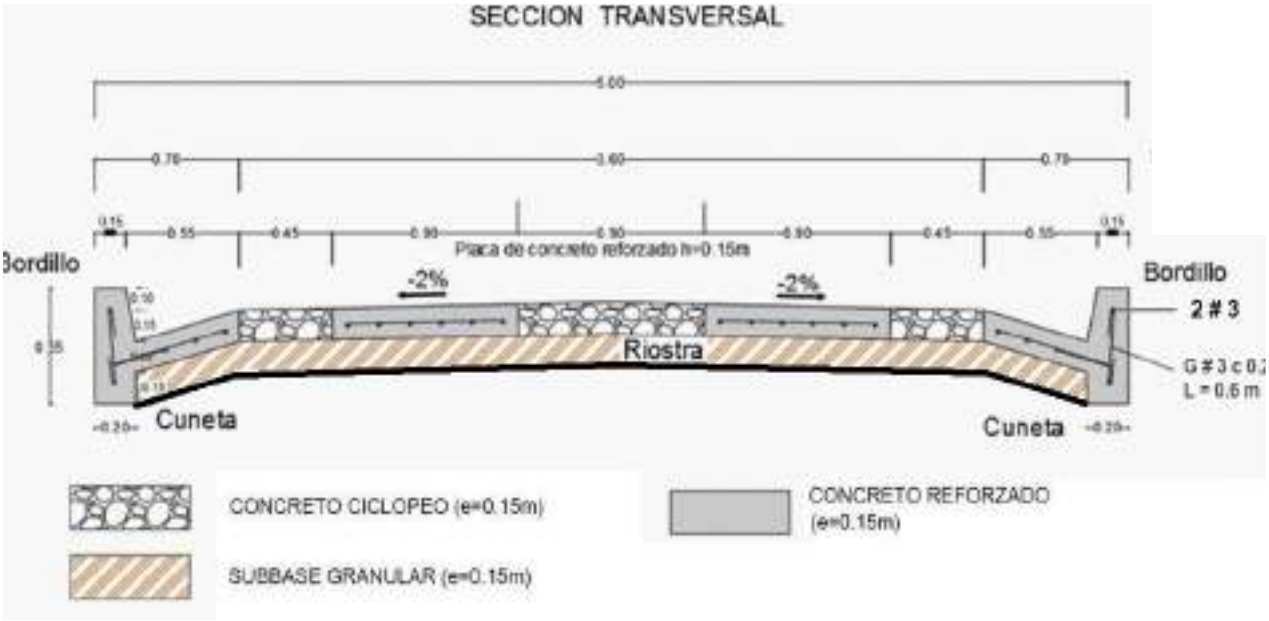


Figura 3. Sección transversal típica diseñada.

Fuente: Imagen extraída del diseño transversal.

En los anexos del presente informe se pueden observar las características de los Accesos viales:

✓ Cotas del terreno natural

✓ Cotas de diseño

✓ Bombeo seleccionado

✓ Diagrama de cotas transversales

✓ Volumen de Relleno

Adicional se puede observar la composición de cada sección transversal para el tramo vial.

6. DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. Características de diseño

Clasificación: Vía terciaria

Longitud de la vía a intervenir: 150 m

Velocidad de Operación: 30 km/h

La vía se localiza en terreno plano, con un ancho de placa huella de 3.60m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 30 km/h.

6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

Longitud: 150 m

Tipo de terreno: Plano.

Velocidad de diseño: 30 Km/h

Ancho de Calzada: 3.60 m

Ancho de Cuneta: 0.55 m

Ancho de Bordillo: 0.15 m

Bombeo Normal (BN): 2 %

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO

7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular.

Con base en la velocidad de diseño se definieron los diferentes parámetros de diseño vertical y horizontal de la vía diseñada los cuales se verán reflejados dentro del informe en una cartera de localización que exterioriza la información mínima para la localización del proyecto como es las coordenadas norte, este y cota rasante. Tal información se puede encontrar en el **Anexo 3.** Adicional en los planos de diseño planta perfil se pueden observar los parámetros de diseño horizontal como lo es la abscisa de diseño, el **PI** de las curvas horizontales, el **PC** y **PT** de las curvas circulares; de igual forma en los perfiles se encuentran los elementos verticales como longitud de la curva circular, el parámetro de control de visibilidad K, las cotas de diseño de la rasante con su respectivo abscisado.

7.2. Cálculo de las materiales de estructura

Ver **Anexo 6**.

7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Con base en las secciones transversales de diseño y las pendientes longitudinales, se calculó la cartera de movimiento de tierras para corte y lleno del terraplén. Ver **Anexo 5**.

7.4. Señales verticales

Ver **Anexo 7**.

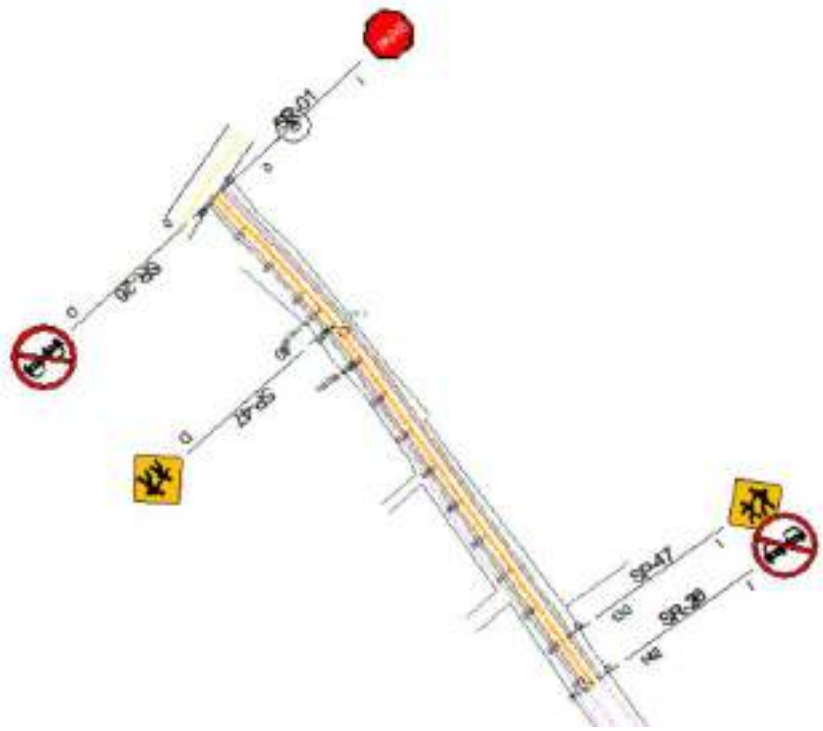


Figura 4. Señales verticales.

Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 30 Km/h, ajustando el diseño según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

✓ Se adoptó un ancho de calzada de 3.60 m para el tramo de placa huella, contemplando la construcción de cuneta 0.55m de ancho y bordillo de 0.15 como se muestra en la Figura 3.

✓ Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2% para los tramo homogéneos y rectos de la vía, en los tramos con curvas horizontales se diseñaron bombeos transicionales que permiten mejorar la movilidad de los usuario contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.

✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.

✓ Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

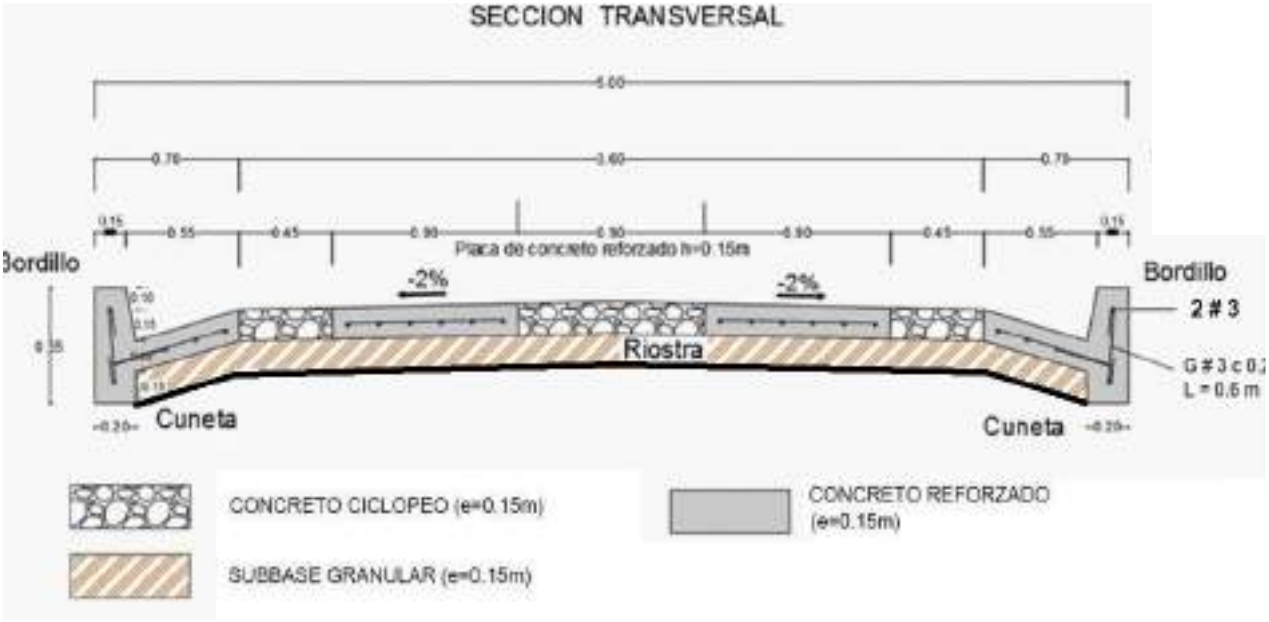
✓ Para un buen control y revisión del proyecto, se editaron planos de diseño geométrico (Planta – Perfil y Secciones), con el fin de tener control tridimensional de las vías diseñadas, en los cuales se pueden observar: Elementos de diseño geométrico horizontal, Acuerdos de diseño vertical, cotas de diseño tanto del eje como de los bordes de la vía, secciones de control transversal con (cotas de diseño, cota terreno, volúmenes parciales y acumulados de corte y lleno) y montaje de la estructura de pavimento.

Se recomienda no remplazar la subrasante debido a que tiene una buena composición geológica o de buena capacidad portante.

ANDY HAYLESON PALACIOS HOYOS

Especialista en Vías y Transportes
M.P. 22202-328510COR
C.C. No. 1.067.935.749

NUEVA ESTRUTURA



VEREDA JUAN PABLO II

INFORME DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN SISTEMA DE PLACA HUELLA, VEREDA JUAN PABLO II – MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, BOLIVAR.

OBJETO:

"AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA JUAN PABLO II, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR - BOLIVAR

ABRIL DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION ---------- 3
2. ALCANCE ---------- 4
3. OBJETIVOS ---------- 5
4. TRANSITO DEL PROYECTO------------- 6
5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO. ---------- 7
5.1. ESTUDIO DE SUELO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. ---------- 8
5.1.1. Nivel freático. ---------- 8
5.1.2. Perfil estratigráfico. ---------- 8
5.2. Resultados de CBR de diseño ---------- 8
5.3. Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante. ---------- 10
----
6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO ---------- 12
6.1. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL. ---------- 12
6.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA. ---------- 13
6.2.1. Estructura de pavimento con sistema de placa huella. ---------- 13
6.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS. ---------- 13
6.2.3. Diseño estructural de la placa huella. ----------
6.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO. ----------
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ----------
8. BIBLIOGRAFÍA. ---------- 20

1. INTRODUCCIÓN.

Se realizará el diseño de la estructura de pavimento del tramo vial en la vereda Juan Pablo II, que cuenta con 135 m atreves de la secretaria de obras del municipio de Santa Rosa del Sur departamento de Bolivar.

El presente documento describe los procesos mediante los cuales se calcula la estructura de placa huella, dependiendo de todas las especialidades que entran en dicho diseño.

2. ALCANCE

Se presentarán todas especificaciones y detalles para el diseño de 135m de la placa huella apoyado en los estudios de suelos, topografía, hidráulico, tránsito y otros componentes extraídos en campo. Pero aún más importante es la necesidad de la comunidad debido a que no cuenta con vías óptimas para sacar su producto de manera rápida y segura.

De igual manera el documento tiene como alcance realizar el diseño de la placa huella acorde a las normas de Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

3. OBJETIVOS

- **General.**
  Construir de manera rápido y consistente el primer tramo de placa huella en la via que pertenece a la vereda Juan Pablo II en el municipio de Santa Rosa Del Sur - Bolivar

- **Especifico.**
  Poder mitigar y resolver de manera eficaz la problemática que presenta la vereda la ceiba en cuanto al pésimo estado de las vías de acceso.

  Esta vía es la entrada y salida de los habitantes de la vereda sin duda en época de lluvias es donde la comunidad sufre por el mal estado de las vías, sin poder transportar sus alimentos y el producido de sus cosechas.

4. TRANSITO DEL PROYECTO

La cartilla para obras menores y estructuras viales del programa Colombia Rural, propone las siguientes clasificaciones para el tránsito de vías rurales, se presentan en la Tabla

CATEGORÍA	CARGA [$EE_{8.2t}$]
N1	N 150000
N2	150000 < NS 300000
N3	300000 < NS 500000

Todos los tramos de la vía objeto del estudio por sus condiciones de tránsito vehicular se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.

5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO.

La presente consultoría, realizó un estudio de mecánica de suelos para el tramo 1 en la vía ubicada en la vereda aguaditas, municipio de Santa Rosa sur, Bolívar.

Para esto se ordenó la realización de dos (02) apiques cada 180 metros de un punto a otro, para la extracción de muestras en moldes para la realización del ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) a una profundidad de 1.50 m, con el fin de analizar la estructura de pavimento.

De los apiques se obtuvieron tres muestras para el ensayo CBR, todas estas perforaciones fueron realizadas en las zonas donde se llevará a cabo el proyecto ya mencionado.

CBR APIQUE # 6 VEREDA JUAN PABLO II		MODULO RESILIENTE			
		CLASIFICACION CUALITATIVA	MPA	Kg/CM^2	PSI
CBR 95%	4.65	Regular	47.1	470.6	6723.3

La exploración de campo se realizó mediante la utilización de moldes para el ensayo de CBR, de cada perforación se obtuvo muestras representativas del terreno con el fin de llevarlas al laboratorio para realizarles las pruebas necesarias para identificar las propiedades y características del terreno. El programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio contemplan lo siguiente:

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Apiques	02
CBR Inalterado	02
Contenido de humedad	02
Límites de Atterberg	02
Granulometrías	02
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	02

Programa de exploración y ensayos.
Fuente: Elaboración propia

6.1 Estudio de suelo para la estructura de pavimento.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para los materiales encontrados mediante la exploración geotécnica, se caracterizó el material que compone el suelo de soporte (subrasante) sobre el cual estará apoyada la estructura de pavimento tipo placa huella. Lo anterior basado en los ensayos de laboratorio de granulometría, humedades naturales, límites de Atterberg, ensayos CBR inalterado y sumergido. En el siguiente numeral se realiza el análisis para los resultados obtenidos de los apiques ejecutados en el proyecto.

1.1 Nivel Freático

El nivel freático no es un valor constante y depende de una serie de factores que incluyen en su comportamiento, entre los cuales se destacan las precipitaciones y la época del año. En época de verano, debido a la evaporación por el calor intenso, el nivel tiende a descender mientras en épocas lluviosas, el nivel se acercará más a la superficie.

Durante la exploración realizada no se encontró el nivel freático.

1.2 Perfil Estratigráfico

El perfil estratigráfico obtenido en la campaña de exploración geotécnica del trazado del proyecto para vía, reporta espesores predominantes de gravas arcillosas con arenas y arenas limosas o arcillosas con presencia de gravas seguido de material arcilloso de mediana plasticidad con o sin presencia de arena en las respectivas áreas del proyecto evaluado.

Así mismo, se presentan fotografías de la exploración geotécnica y la extracción de las muestras.

6.2 Resultados de CBR de Diseño

La necesidad de utilizar el CBR sumergido obedece a que los niveles freáticos son superficiales en épocas de invierno, adicional a esto se busca contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura.

El cálculo del CBR de la subrasante se realizó aplicando la metodología del promedio por ser menos de 5 datos relacionados, por tanto, en CBR escogido corresponde a **4.65%**

De lo anterior se define que el CBR de la subrasante para la vía es igual a **4.65%,** Como se puede observar en los resultados, el suelo de soporte cumple con el valor mínimo requerido de una subrasante (CBR ≥ 3%) según lo establecido en la *Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales Colombia Rural*

Para hacer el resultado de CBR solo se tuvo en cuenta el material de subrasante y de este mismo se obtuvo la muestra.

CATEGORÍA	CBR [%]
S1	3 ≤ CBR < 5
S2	5 ≤ CBR < 7
S3	7 ≤ CBR < 10
S4	10 ≤ CBR < 15

El espesor de la subrasandte se calculará por medio de la fórmula de Ivanov.

La fórmula de Ivanov nos arroja un CBR de diseño de **7.90** el espesor de mejoramiento de **15cm** basados en la cartilla de obras menores de Colombia rural.

Análisis del Potencial de expansión

Un factor que influye contundentemente en el comportamiento del suelo es la **expansividad**, pero en la zona al momento de realizar las exploraciones no se encontraron rastros de material expansivo como: casas con grietas o suelos agrietados

6.3 Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la tabla 10 (estudio de suelos), debe tener un valor de CBR mínimo de 3% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS..

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Afirmados y subbase
20 - 50	Bueno	Subbase y base
>50	Excelente	Base

Figura. Mejoramiento de subrasante

6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

Para el proyecto de intervención de la vía de estudio se propone el siguiente diseño estructural de estructura de pavimento:

Estructura de pavimento tipo placa huella, compuesta por materiales granulares de subbase granular (SBG) acorde con el tipo de tránsito del proyecto dispuestos sobre la subrasante mejorada.

El método de diseño utilizado para el dimensionamiento de la estructura de pavimento, corresponde al procedimiento indicado en la Cartilla de Obras menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS.

7.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL.

Para la intervención del presente segmento se requiere del mejoramiento de la subrasante. Dada la reducida resistencia mecánica y el potencial expansivo de la subrasante natural, se requiere considerar un espesor de mejoramiento, para lo cual se realiza el cálculo del espesor adecuado de un material de terraplén tipo seleccionado que garantice un CBR de diseño mínimo del 3%, como parámetro mínimo recomendado por la consultoría.

Para el cálculo del CBR equivalente de la interacción de la Sub-rasante y el mejoramiento con material granular, se aplicará el cálculo estimativo del CBR equivalente en la superficie de la capa de mejoramiento por medio de la fórmula de IVANOV.

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) tan^{-1}\left(n\frac{e_{mej}}{2a}\right)}$$

Donde:

E_{eq}: Módulo elástico equivalente del sistema, Kg/cm2

E_{sbr}: Módulo elástico de la subrasante, Kg/cm2

E_{mej}: Módulo elástico del mejoramiento, Kg/cm_2

e_{mej}: Espesor de la capa de mejoramiento, cm

a: Radio del área de carga, 15.27cm

n: Parámetro adimensional

A continuación, se presenta el cálculo del módulo equivalente de la subrasante mejorada de la vía a intervenir, el cual será el CBR de diseño a implementar en el diseño. El CBR de laboratorio fue **7.90**

Así se tiene que basados en los resultados de CBR no se considera necesario un material de mejoramiento, con la subbase granular y la losa de placa huella tendríamos un proyecto estable y duradero. La subbase debe Cumplir con los requerimientos del Articulo 320-22 del INVIAS.

7.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA.

7.2.1. Revisión bibliográfica para la estimación de parámetros de diseño.

Las Placa-huellas constituyen una solución para vías terciarias de carácter vereda 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. Es un pavimento constituido por una sucesión de placas y riostras reforzadas utilizando la metodología de diseño por carga última.

La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural" y la Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020 la cual deroga la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella versión 2016.

7.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS.

a) mecanismo de falla del pavimento con Placa-huella.

El mecanismo de falla del diseño del pavimento con placa-huella es por carga última y su diseño consiste en una estructura de concreto reforzado totalmente apoyada sobre el suelo (en este caso el suelo es la subbase granular) constituida por placas-huella y riostras que trabajan monolíticamente.}

b) El tránsito.

En el desarrollo de esta cartilla, se evaluaron diversas combinaciones de espesores de placa, cargas vehiculares y tipos de suelo de subrasante. Se realizaron modelos numéricos considerando vehículos tipo C3, C2 y vehículos ligeros (camionetas y automóviles).

En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores a las del C-3, la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

c) Efecto del clima.

Los parámetros del clima de la zona del proyecto que inciden en el comportamiento de un pavimento son fundamentalmente la temperatura y la precipitación.

La temperatura en un pavimento de concreto, como lo es el de placa-huella, se refleja en los esfuerzos de alabeo. De acuerdo a los diseños desarrollados por el Instituto Nacional de Vías Por las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención especial. Por su parte la precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma-cunetas, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes.

d) La subbase granular (SBG).

La Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural adoptó para la subbase granular o suelo cemento un espesor de quince (15) centímetros que debe cumplir con la calidad exigida en las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. Dicho espesor obedece a razones constructivas como son el contribuir a lograr la lisura de la superficie de apoyo de las placas, que es la subbase granular, a poder lograr la compactación requerida cuando los suelos de apoyo sean de precaria calidad y a disponer de una superficie de trabajo limpia.

La compactación de la capa de sub-base en el terreno debe ser tal que se garantice un incremento mínimo de la densidad luego de poner en funcionamiento el pavimento, por tanto, se exigirá un porcentaje de compactación cuando menos del 95% de la máxima densidad seca obtenida en un ensayo de Proctor Modificado.

La subbase granular debe cumplir con los requisitos dados por el INVIAS Artículo 320-22.

e) Espesor de la Placa-huella.

INVIAS en la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural se presenta el espesor recomendado de acuerdo al tipo de vehículos que circulara por la vía, el espesor de la placa-huella se define de quince (15) centímetros en concreto reforzado totalmente apoyadas sobre la Subbase Granular, complementadas con riostras también reforzadas que aportan confinamiento a los elementos de la sección transversal.

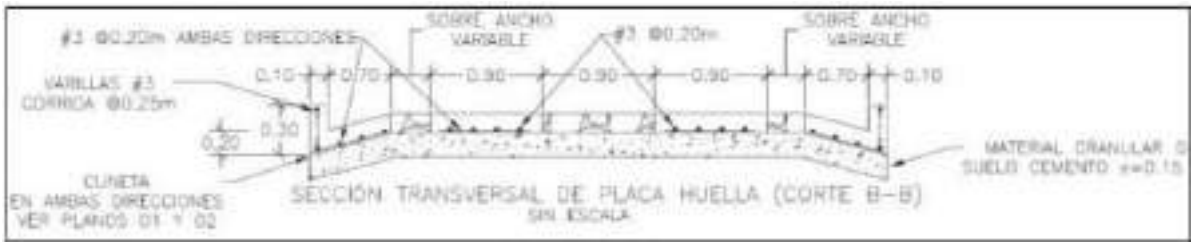
7.2.3. Diseño estructural de la placa huella.

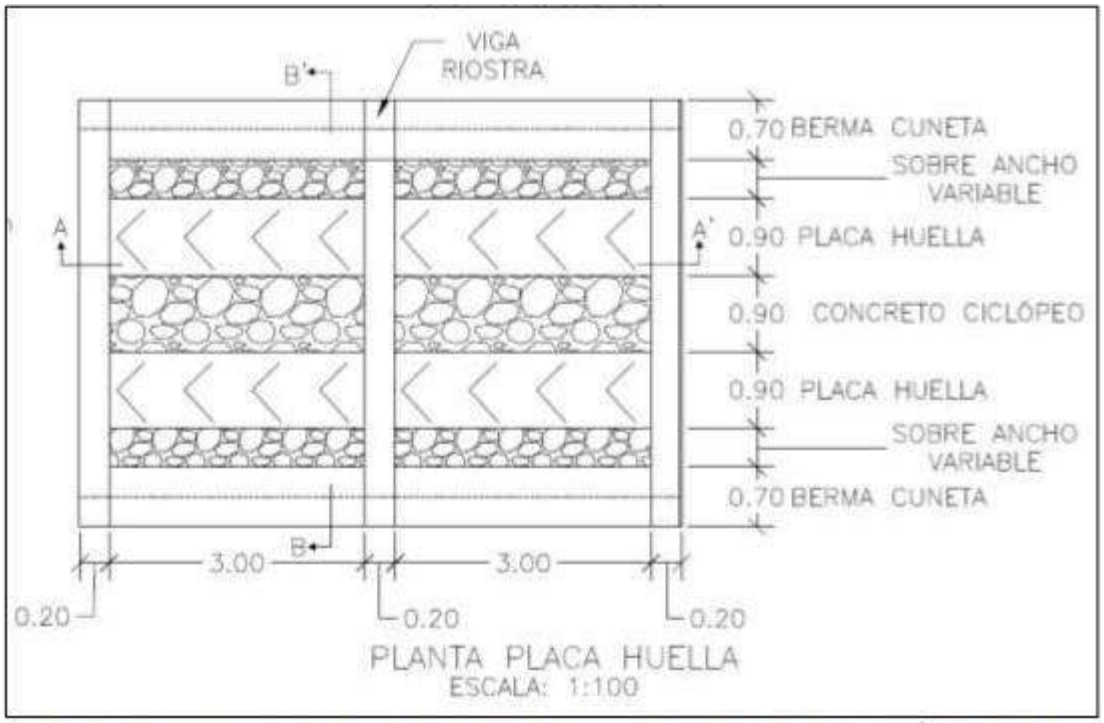
a) Dimensiones de las losas de concreto.

Teniendo en cuenta la información del tránsito en la cual los vehículos que se esperan que circulen en la placa huella son de carácter liviano, por lo cual el diseño se ceñirá al plano 125 de la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural.

La estructura de placa huella para el tramo de la vía ubicada en la vereda aguaditas en el municipio de Buenavista - Córdoba Es la siguiente:

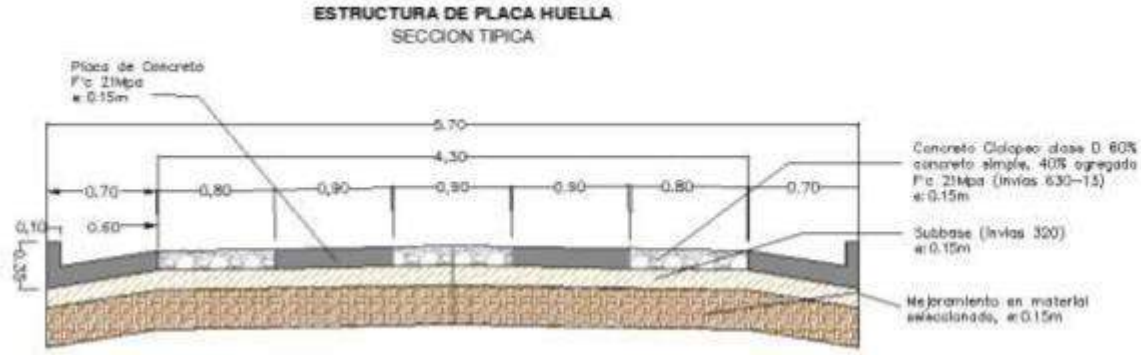
La longitud puede variar entre 1.00 y 3.00 m, para este diseño la consultoría recomendara huellas de 3m de largo. En general serán placa huellas de 0.90 m de ancho por 3m de largo, separadas entre sí por concreto ciclópeo de ancho igual a 0.90 m en el centro y de ancho variable en los extremos, las placas de concreto estarán arriostradas por viguetas de 0.20 m de ancho por 0.25 m de alto, localizadas en los extremos y en el medio de las placas.





Fuente: Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural (INVIAS Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020)

Las dimensiones de la placa huella pueden presentar variaciones en los anchos con el fin de ajustarse a las condiciones de paramentos y lotes privados existentes. Teniendo en cuenta lo anterior y el diseño geométrico suministrado se tiene una sección tipo.



b) Resistencia del concreto.

- **Concreto ciclópeo.**

La piedra pegada es una capa de 0.15 m de espesor conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple de 3000psi y 40% de agregado ciclópeo (piedra rajon), debe cumplir con las exigencias dadas en el artículo INV. 630-22. el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa.

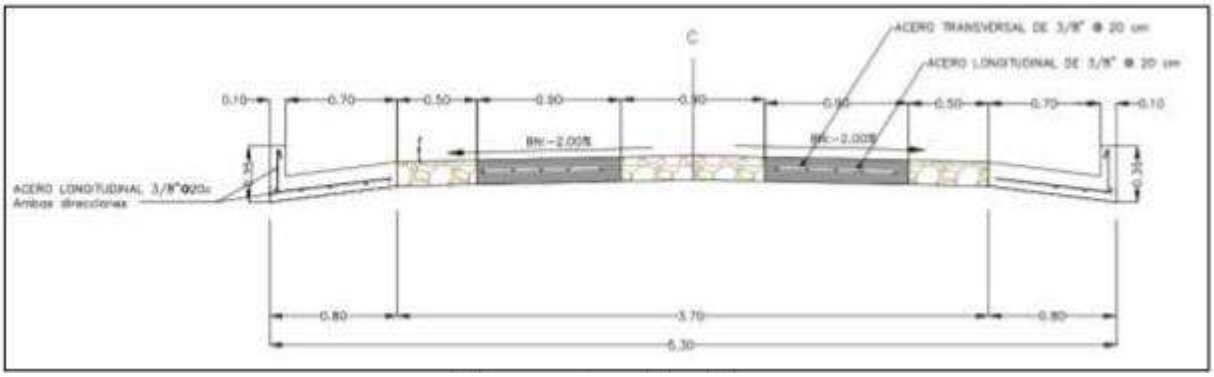
- **Concreto de huella.**

Para las cintas o huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final, se propone en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural" el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa (Tabla 630-22 Valores mínimos de resistencia del concreto estructural).

- **Refuerzo.**

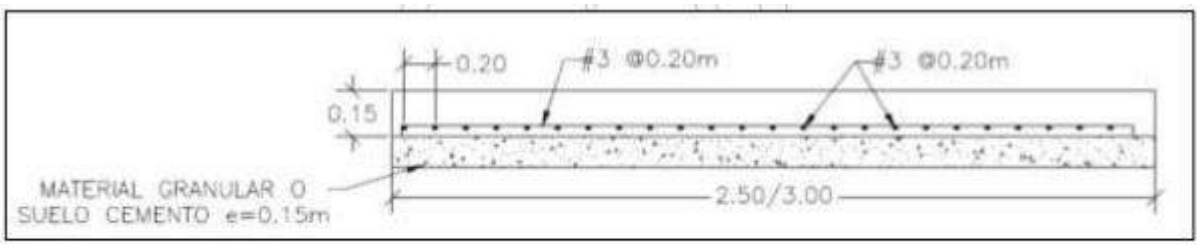
La Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural establece que el acero de refuerzo de la placa huella para vehículos livianos consistirá en 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo longitudinal y 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo transversal. La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.

A continuación, se mostrarán los esquemas guías en planta, perfil y detalles de refuerzo por lo tanto algunas dimensiones no serán las reales.



Fuente: Diseño Estructura de Placa huella

Figura. Sección transversal de la estructura de la placa huella con refuerzo.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

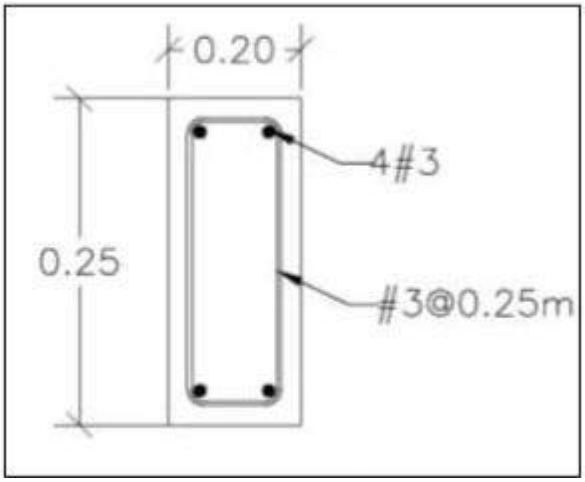
Figura. Corte longitudinal de placa huella para vehículos livianos con refuerzo.

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado. El refuerzo longitudinal de las vigas riostra consistirá en 4 varillas número 3 (4#3) y los estribos tendrán 1 varilla número 3 cada 25 cm (1#3@0,25). La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte longitudinal típico viga riostra con refuerzo.

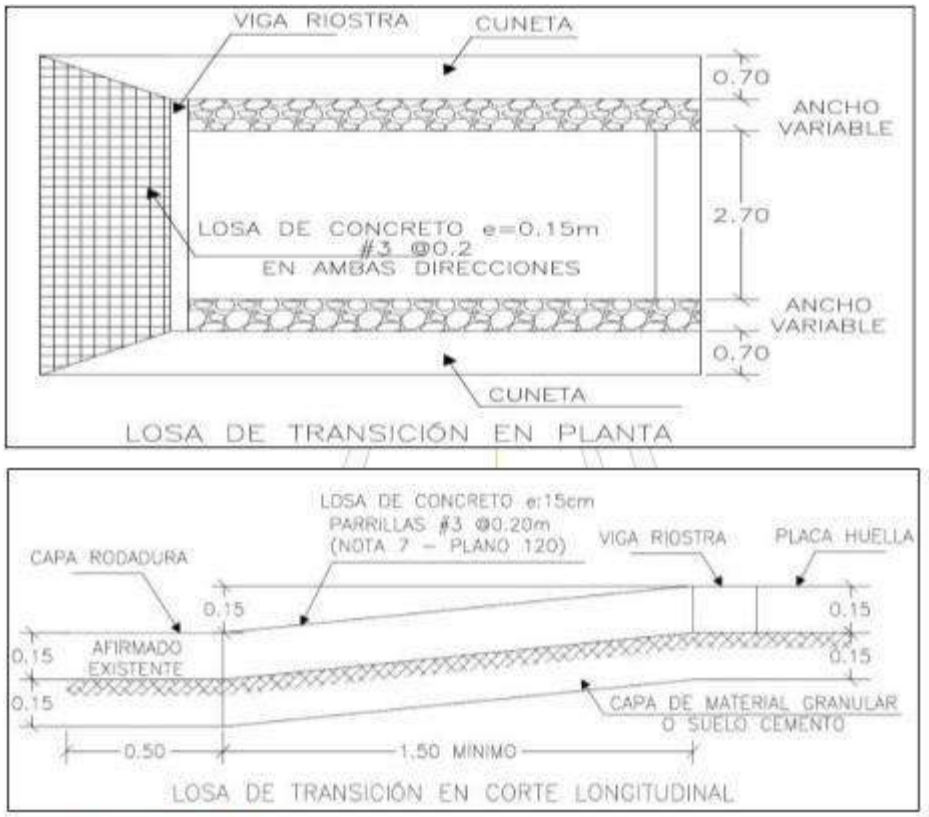


Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte Transversal viga riostra

De acuerdo con la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural tanto al inicio como al final de los tramos del proyecto se debe generar un área de transición del suelo a la estructura rígida. Para esos casos el constructor deberá considerar un tratamiento especial que puede consistir en la escarificación y compactación adicional, cuando se trata de materiales granulares como afirmados o subbases, o de la conformación de un remplazo de material granular compactado con un espesor mínimo de 0.15 m en las zonas en contacto por fuera de la placa huella, en una longitud de al menos 1.50 m.

Se deben construir losas de transición al inicio y al final de los tramos de placa huella que no conectan con pavimento existente, como se ilustra



en la siguiente figura:

Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

Figura 15 Losa de transición placa huella

Para el sello de las juntas entre placas huellas se emplearán material asfáltico o premoldeado cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M 89, M 33, M 153 y M 30.

Las juntas longitudinales y transversales se deben hacer de acuerdo a la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125 para tránsitos con vehículos livianos.

Nota: En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores vehículos tipo livianos la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada tipo 1 (plano 125 de la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural) no sería viable y deberá ser ajustado al plano 126 según corresponda o la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

7.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO.

El Informe de Diseño de 134m Pavimento en Sistema de Placa Huella, **Vereda la CEIBA** – Municipio de Santa Rosa Del Sur – Bolivar, determina un corredor con tránsito **N1 (28.30)** y **CBR de diseño 7.90%,** por lo que se determina una capa de una capa de **15cm de espesor de Subbase Granular**, que se ajuste a la Sección INV-320-22, y una capa capa de **rodadura en Placa Huella de 15cm** de espesor, que se ajuste a la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural de INVIAS en concretos de 3.000PSI (F'c 21MPa), integrando berma-cunetas para un ancho total de **calzada de 5,30m**, con juntas debidamente selladas en el material asfáltico o premoldeado.

ESQUEMA	ESPESOR (Cm)	TIPO DE MATERIAL
	15	Placa huella – Concretos de 3000psi
	15	SBG Clase C – Art. 320 – 22, INVIAS
	15	AFI. – Art. 311 – 22, INVIAS

Tabla. Espesores de la estructura propuesta para el pavimento.

- **Geometría de la estructura.**

El criterio de diseño en los tramos en curva consiste en impedir que los camiones y buses realicen trayectorias sobre la piedra pegada. Por lo anterior, algunos tipos de curvas requieren un sobreancho especial de diseño. A medida que aumenta la deflexión en la curva y disminuye su radio el sobreancho necesario es mayor.

El camión C3 al girar en la curva dibuja una trayectoria con sus ruedas traseras que abandona la placa huella y recorre las franjas de piedra pegada. Esto hace necesario un sobreancho en la sección de la placa huella el cual consta de una losa reforzada sobre la cara exterior de la curva.

Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

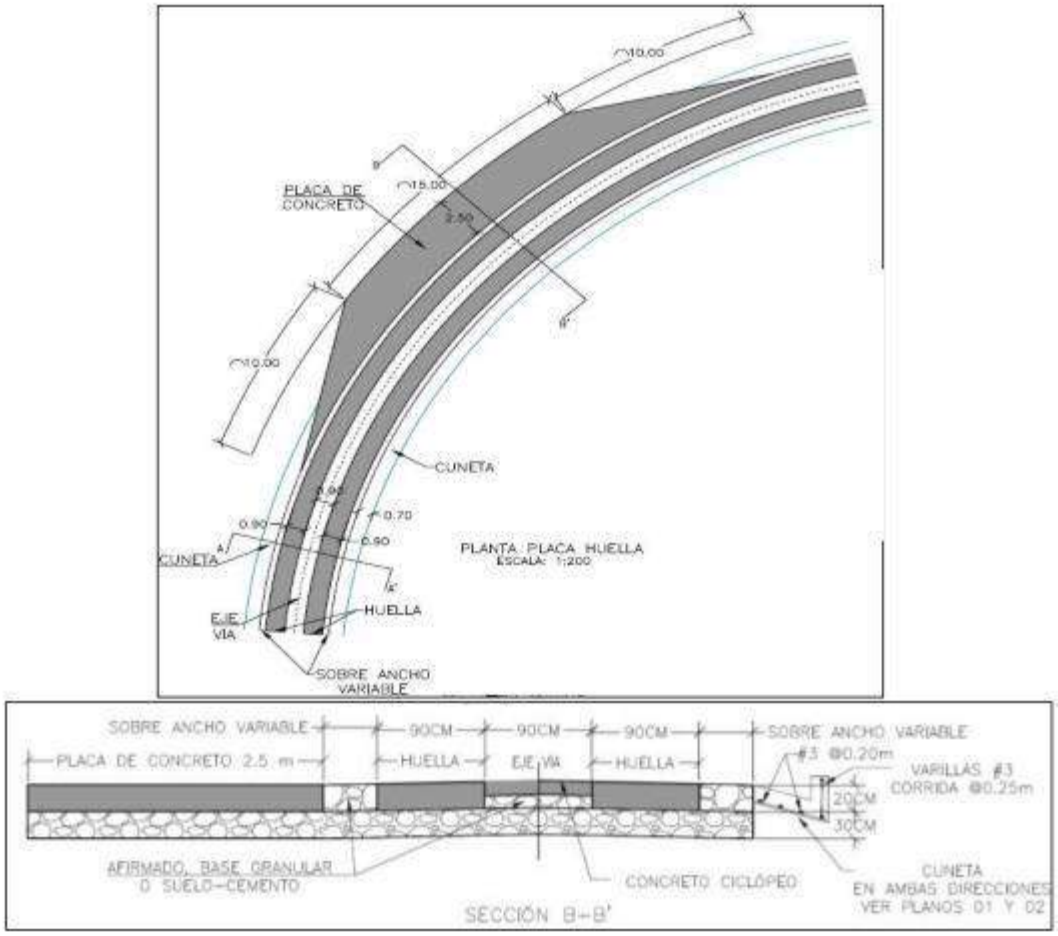


Figura . Diseño tipo - Sobreanchos en la placa huella, zona de curvas. El constructor deberá tenerlo encuentra siempre y cuando el paramento de los predios lo permitan

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los tramos de la vía objeto del estudio, se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.
- De acuerdo al estudio geotécnico hecho por el consultor JS GEOCIMIENTOS S.A.S, se propone que: *"Para el CBR de diseño con una capa de 15cm de subbase es suficiente para tener una estructura de placa huella estable y de buena calidad."*.
- La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural"
- Teniendo en cuenta la exploración geotécnica realizada, el análisis de la información y lo establecido en la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural, a continuación, se presenta la estructura de pavimento propuesta en sistema de placa huella.



Figura. Sección transversal para la estructura de la placa huella.

- Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla
- la de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

- Se deberá tener especial cuidado con el curado y fraguado de las losas de concreto atendiendo las recomendaciones de las especificaciones de construcción del artículo 630-13 del INVIAS y las dadas por el proveedor del concreto.

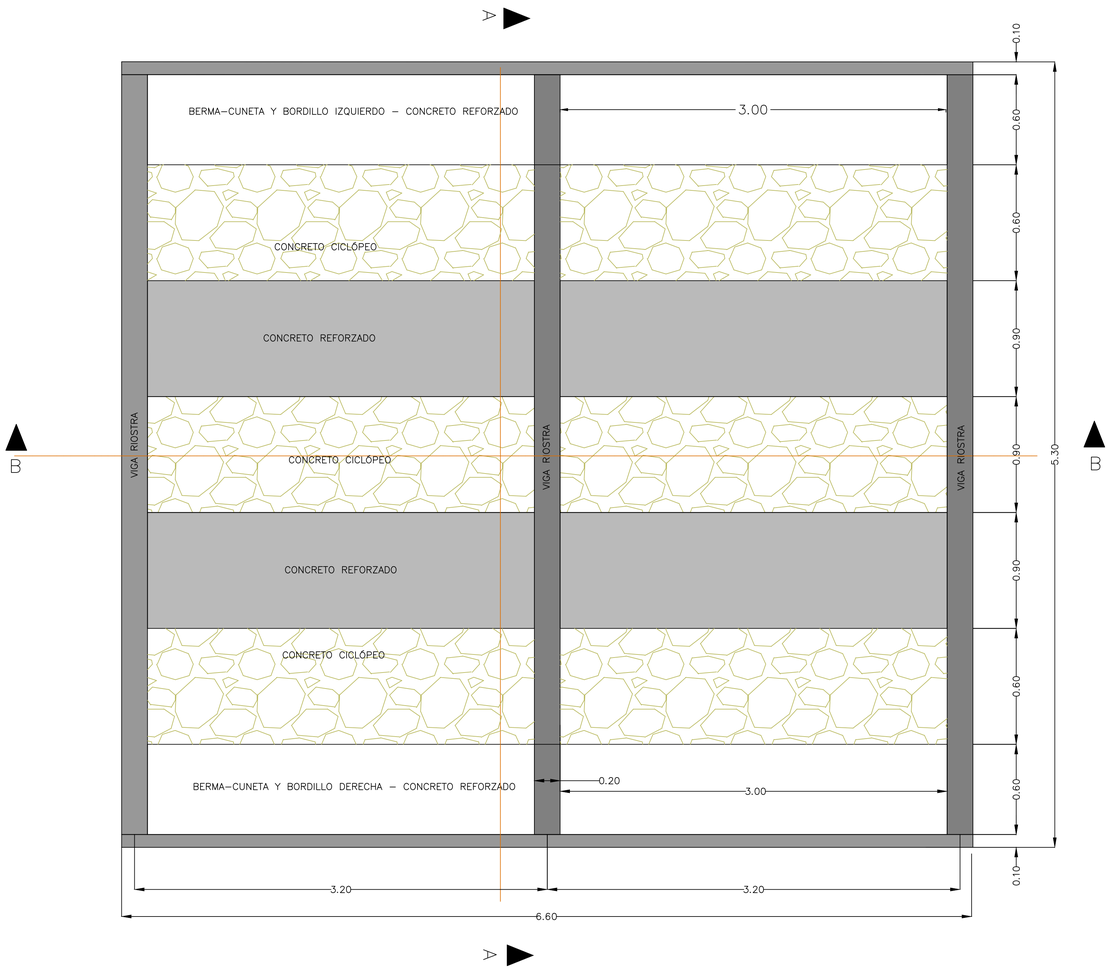
- Para la conformación y compactación de la capa SBG de la estructura se debe cumplir con lo estipulado en la sección 300: Capas granulares de subbase de la misma especificación. Este material granular, debe cumplir con los requisitos de calidad mínimos que garanticen un comportamiento adecuado de la estructura de pavimento, acorde a las hipótesis utilizadas para la modelación.

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

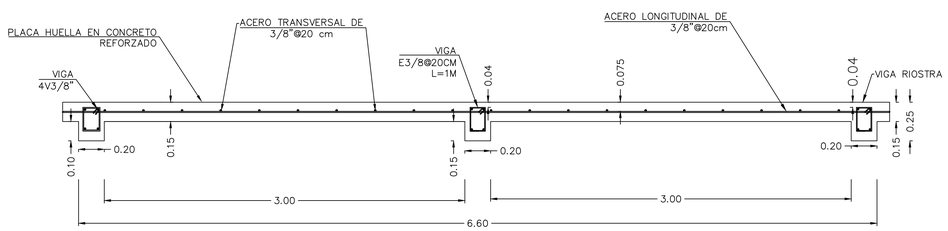
9. BIBLIOGRAFÍA.

Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

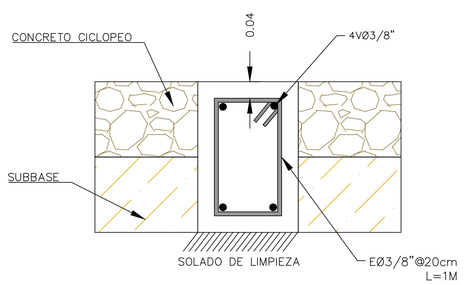
PLANTA DE PLACA HUELLA



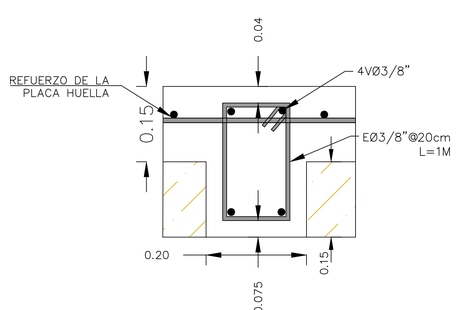
SECCION LONGITUDINAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS
CORTE B - B



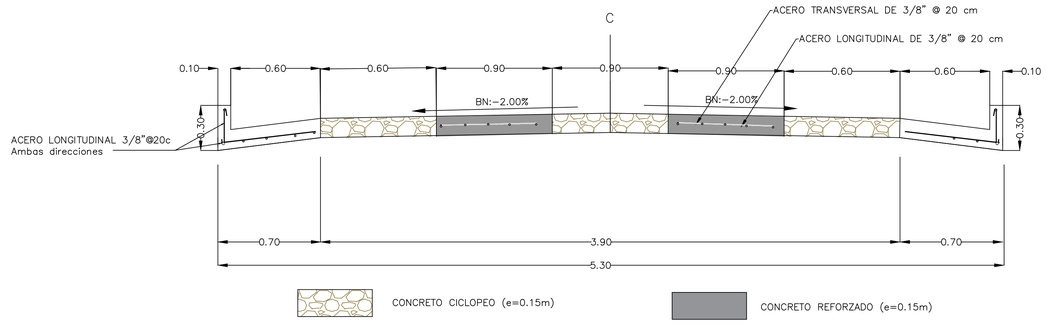
DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN PIEDRA PEGADA



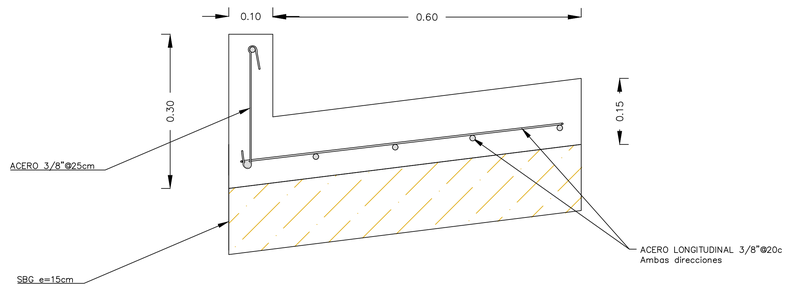
DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN HUELLA



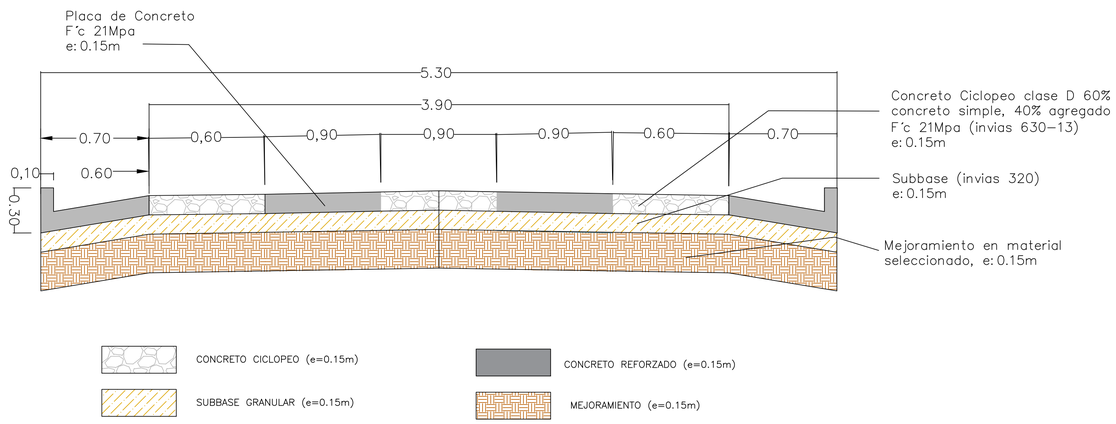
SECCION TRANSVERSAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS Y BERMA CUNETA
CORTE A - A



DETALLE REFUERZO BERMA CUNETA



ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
SECCION TIPICA



Proyecto:

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA JUAN PABLO II, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

Localización:



MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR

Dibujó:

ING. JUAN CAMILO MARTINEZ

Revisó:

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vias Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

Contiene:

- ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
- DETALLES

Convenciones:

Escala:

INDICADAS

Fecha:

ABRIL DE 2024

Nº de plano:

1/1

INFORME DISEÑO GEOMETRICO

PROYECTO

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA JUAN PABLO II, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SURDEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIALEN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.

TRAMO

VÍA ACCESO A LA VEREDA JUAN PABLO II

PETICIONARIO

JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA JUAN PABLO II

INGENIERO DISEÑADOR

NELSON JUNIOR MOLINARES DORIA

ESP. EN VIAS TERRESTRES

SANTA ROSA DEL SUR

BOLIVAR

ABRIL 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4

2. ALCANCE 6

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO 7

4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA 8

4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS 8

4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD 8

4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO 8

5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL 10

5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO 10

5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL 11

5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX}) 12

5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C) 12

5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO 13

5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA 14

5.7. TRANSICION DE PERALTE 14

5.8. RAMPA DE PERALTE 15

5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION 17

5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION 19

6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL 20

6.1. TANGENTE VERTICAL 21

6.1.1. PENDIENTE MINIMA 21

6.1.2. PENDIENTE MAXIMA 21

6.1.3. LONGITUD MINIMA 22

6.1.4. LONGITUD MAXIMA 22
6.2. CURVAS VERTICALES 22
6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES 23
6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL 24
7. DISEÑO TRANSVERSAL 25
7.1. ANCHO DE CALZADA 25
7.2. BERMA CUNETA 26
7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL 27
..... 27
7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO 27
8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA 27
8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA 28
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 29
10. BIBLIOGRAFIA 31
11. ANEXOS 32

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto. Este informe se centra en el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Es necesario aclarar que el insumo principal para el diseño geométrico de la vía es la topografía, el cual fue realizado por la presente consultoría. A continuación, se hace un breve resumen que describe en términos generales el contenido y los parámetros de diseños empleados.

En el numeral 2 se realiza una descripción del alcance del estudio en el proyecto de estudios y diseños.

En el numeral 3 se hace una breve descripción sobre la localización del proyecto, así como las características de la vía en estudio.

En el numeral 4, se realiza una breve descripción de los parámetros de control para la caracterización de una vía para lo cual se tienen dos parámetros relevantes: caracterización en función del terreno, donde es de gran importancia el levantamiento topográfico para identificar las pendientes longitudinales y transversales de la vía y caracterización en función de la funcionalidad de la vía.

En el numeral 5, de describen los parámetros horizontales que se tuvieron en cuenta para el diseño horizontal, donde se observan los elementos de cada curva, todo en función de las recomendaciones del manual de diseño geométrico del INVIAS, además se ofrecen los criterios para la selección de los elementos geométricos en planta.

En el numeral 6, se realiza el diseño geométrico vertical, donde se calculan las pendientes mínimas, longitudes de las curvas y parámetro K (Control de visibilidad de parada). Es necesario aclarar que el diseño geométrico vertical se ajusta según las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS.

En el numeral 7 se describen los principales elementos de la sección transversal como lo son el ancho y la inclinación transversal. En el numeral 8 se aprecian las características de diseño de la vía las cuales deben estar relacionados para garantizar que la carretera sea funcional y opere de madera segura, adicional a eso se contemplan memorias de cálculo de los elementos geométricos los cuales fueron verificados en el Programa TOPO3 el cual contiene las normas de diseño colombianas.

Por último, en el numeral 9 se consignan una serie de recomendaciones las cuales deben respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la geometría de la vía, también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de diseño a emplear.

2. ALCANCE

Este documento tiene como alcance realizar el diseño de la vía en estudio tomando los parámetros del manual de diseño geométrico de Invias del año 2008, en el cual se basó para la realización del diseño.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Los tramos viales a intervenir se encuentran localizados en el Municipio de SANTA ROSA DEL SUR más exactamente en la vereda la Juan pablo II en las siguientescoordenadas:

Tramo No 1	
Coordenada Norte	**Coordenada Oeste**
8°00’44’’N	74°05’02’’O

Figura No 1. Localización de la vía a intervenir (Fuente Google Maps)



4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA

Para conocer las características actuales de la vía es necesario tener claro algunos conceptos que se presentan a continuación:

4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

Teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del instituto nacional de vías, las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno:

4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

- **Primarias**

Son aquellas carreteras troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen una función básica de integración. Este tipo de carreteras generalmente son de doble calzadas.

- **Secundarias**

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

- **Terciarias**

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí, la vía de este estudio se clasifica dentro de este ítem.

4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO

- **Plano.**

Son carreteras en donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento, y su pendiente transversal al eje de la vía es menor a 5 grados. Presenta un movimiento de tierra mínimo durante su construcción.

- **Ondulado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento. Esta Vía se encuentra en este tipo de terreno.

- **Montañoso**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento.

- **Escarpado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento.

5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, se denomina velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR), esta velocidad se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía. En la figura 2 se puede ver las velocidades de diseño en función de la categoría de la carretera y del tipo de terreno.

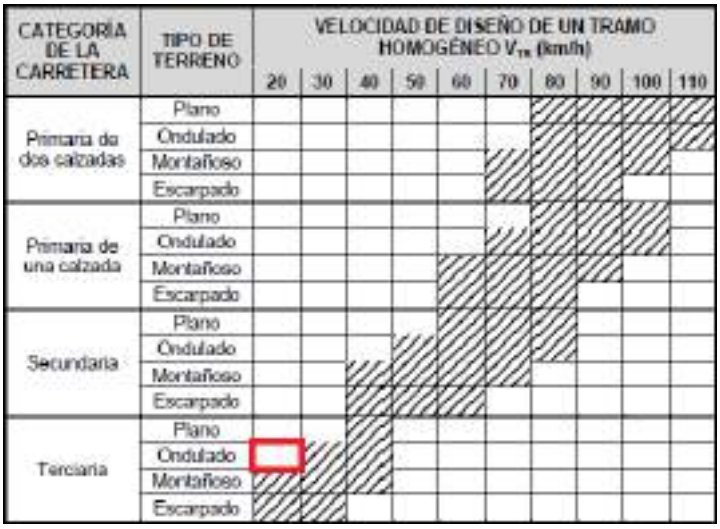


***Figura No 2**. Valores de Velocidad de Tramos Homogéneos en Función de la Categoría de la Carretera y el Tipo de Terreno (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Si bien es cierto que el carreteable está definido como una vía terciaria, que presenta pendientes entre el 6 – 13% clasificándose como terreno ondulado, si bien es cierto que según la figura No 2 la velocidad del tramo homogéneo para un tramo de dichas características de 30 Km/h, pero al considerar que la vía en cuestión es una estructura vial tipo placa huella, se tomo en consideración reducir dicha velocidad a 20 Km/h, con el fin de garantizar la transitabilidad en el tramo vial.

5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL

Para asignar la velocidad de curva horizontal (VCH) a las curvas horizontales incluidas en el tramo homogéneo en estudio se consideran los siguientes parámetros:

- La velocidad de diseño del Tramo homogéneo (VTR) que se encuentra en la curva horizontal
- El sentido que el vehículo recorre la carretera
- La velocidad especifica asignada a la curva horizontal anterior
- La longitud del segmento recto anterior.
- La deflexión de la curva analizada

Dentro de los criterios para la asignación de la velocidad especifica de la curva horizontal se establecen los siguientes:

1. La Velocidad Especifica de una curva horizontal (V_{CH}) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo ($V_{CH} \geq V_{TR}$) ni superior a está en veinte kilómetros por hora ($V_{CH} \leq V_{TR}+20$).
2. La velocidad Especifica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Especifica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento recto anterior.

5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX})

Este valor depende de numerosos factores, entre los cuales están: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios de la AASTHO.

5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C)

El radio mínimo (RC mín.) es el valor límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fTmáx) Ver figura 6. El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones, adicional por condiciones de seguridad y por la geometría horizontal de la vía utilizamos un peralte máximo de 6.00%. El cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{{V_{CH}}^2}{127x\ (e + f_T)}$$

$$e = \frac{{V_{CH}}^2}{127x\ R_C} - f_T$$

Donde:

R_C: Radio de Curvatura

V_{CH}: Velocidad Especifica con que se diseña la curva (Km/h)

e: Peralte de la calzada de la curva (m/m)

f_T: Coeficiente de fricción lateral

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

Figura No 4. *Radios Mínimas para peralte máximo del 6% (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Según la Figura No 4 para una velocidad especifica de 20 Km/h se considera un radio mínimo de curvatura de 15 metros, tomando un valor recomendado según la norma de un peralte máximo de 8%, para vías primarias y secundarias.

Luego de meter estos datos al programa TOPO3, para cada uno de los tramos diseñados, los cuales se encuentran en los anexos se muestran los resultados obtenidos del alineamiento horizontal. Cabe anotar que con el fin de reorientar el eje existente con el eje de la vía se tuvieron que realizar PQ (PI sin Curva), debido a las características irregulares que presento la topografía de la vía.

5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO

Considerando los parámetros mencionados en los numerales anteriores se realiza el diseño geométrico de la vía para la cual se calculan los diferentes elementos geométricos de diseño; adicional con el radio calculado y la velocidad específica se determina el peralte en función de las dos variables mencionadas. En los anexos se presentan los resultados obtenidos de los elementos geométricos de las curvas circulares para cada uno de los tramos diseñados.

5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA

Una vez asignada la Velocidad Especifica (VCH) a cada curva horizontal y con el Radio de Curvatura elegido (Rc), que es el que permite ajustar de la mejor manera la trayectoria de la curva a la topografía del terreno, es necesario asignar el peralte que debe tener la curva para que con su Radio (Rc) permita que los vehículos puedan circular con plena seguridad a la velocidad especifica (VCH).

En la figura 5 se presenta el valor del peralte en función de la VCH y el Rc para Vías terciarias para el peralte máximo que se tomó del 6%

e (%)	V_{CH} = 20 km/h R (m)	V_{CH} = 30 km/h R (m)	V_{CH} = 40 km/h R (m)	V_{CH} = 50 km/h R (m)	V_{CH} = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	736	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	748
2.8	87	190	334	488	678
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	208	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	138	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	158
6.0	15	21	43	79	123

Figura No 5. *Radios Rc Según Velocidad Especifica (VCH) y Peraltes. (Fuente. Manual DGI)*

5.7. TRANSICION DE PERALTE

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal,

hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales:

- La distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento.
- La distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular. La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN\ x\ L}{e_f}$$

Donde:

- L_t: Longitud Total de Transición (m)
- L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto donde el peralte total en la curva circular (m)
- N: Aplanamiento (m)
- BN: Bombeo Normal (%)
- e_f: Peralte Total, en Porcentaje (%)

5.8. RAMPA DE PERALTE

Se define como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de esta, y se determina por:

$$\Delta s = a \times (\frac{e_f - e_i}{L})$$

Donde:

Δs: Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, en porcentaje (%)

L: Longitud de Transición, L= Lt-N, en metros

e_f: Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%)

e_i: Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%)

a: Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros

Estos valores de la inclinación de la rampa garantizan no solamente la comodidad de la marcha de los vehículos, sino una adecuada apariencia de la carretera y cualquiera que sea el sistema seguido para conformar el peralte total, no deben ser excedidos. La figura 6 presenta valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peralte.

Se adoptan valores sugeridos por la AASHTO – 2004 para la pendiente relativa de la rampa de peraltes para las velocidades comprendida entre (60 - 120 km/h). Para las velocidades entre veinte a cincuenta kilómetros por hora (20 - 50 km/h) se adoptan valores ajustados a las necesidades de las carreteras secundarias y terciarias donde el espacio para realizar la transición de peraltado es muy limitado.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	

Figura No 6. *Valores Máximos y Mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes (Fuente. Manual DGI)*

La siguiente ilustración muestra el desarrollo de peralte a emplear, rotando la calzada desde el eje de la vía.

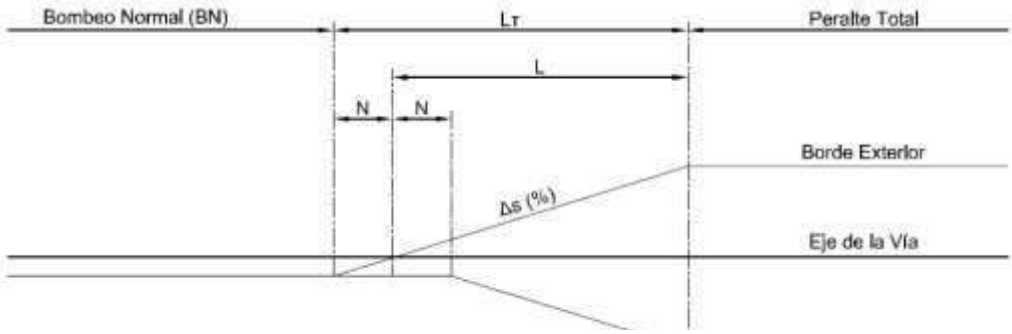


Figura No 7. *Desarrollo del Peralte. Fuente MDG Invias*

5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION

La longitud de la transición (L) se calculó de acuerdo con la relación indicada en la rampa de peralte de donde se puede obtener el valor de la longitud de la transición (L) en función

de la inclinación relativa de la rampa de peraltes (Δs), del ancho de calzada que gira (a) y los cambios de peralte (ef, ei) variables ya definidas, por lo tanto, la expresión de cálculo es:

$$L = a \times b_w \times (\frac{e_f - e_i}{\Delta_s})$$

También:

$$a = W \times n$$

Donde:

L: Longitud de transición, en metros

ef-ei: Cambio de peralte, en porcentaje

a: Ancho de la calzada que gira, en metros

bw: Factor de ajuste debido al número de carriles que giran

Δs: Inclinación relativa de la rampa de peraltes

W: Ancho de carril, en metros

N; Número de Carriles que giran

El valor del ancho de calzada que gira (a) es igual al ancho de los carriles que giran. Cuando el número de carriles que rotan es mayor que uno (1) es conveniente el uso de un factor de ajuste (b_w) para evitar una excesiva longitud de transición y desniveles muy altos entre el borde exterior y el eje de giro. En la figura 8 se indican los factores de ajuste (AASHTO - 2004) y en la figura 9 los bosquejos que indican los carriles que giran respecto a su eje de giro.

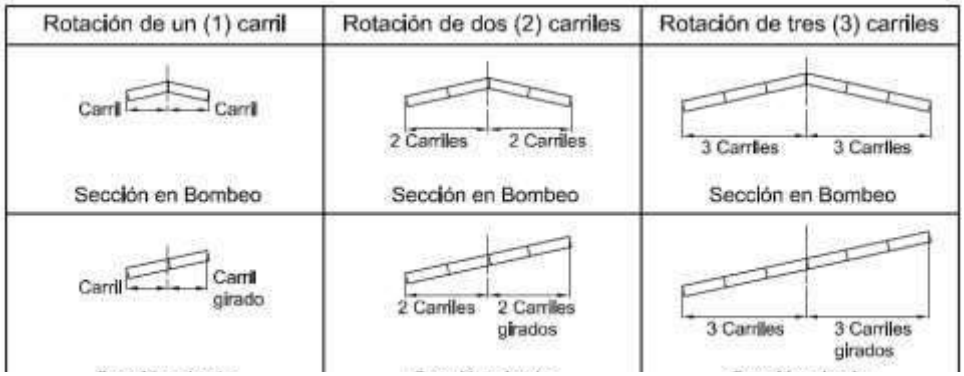


Figura No 9. *Disposición de los carriles que giran respecto a su eje de rotación*

5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION

a. Entretangencia Mínima

- **Para Curvas de Distinto Sentido**. Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrido en un tiempo de 5 segundos a la menos de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
- **Para Curvas de Mismo Sentido.** Para curvas circulares especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo de quince segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal

En los anexos, se presentan los cálculos obtenidos del peralte y de la transición del peraltado obtenidos por el programa Topo3.

b. Entretangencia Máxima

Se deben acondicionar entretangencia suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (Da), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del

diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) expresada en kilómetros por hora (km/h). Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.

c. Longitud Mínima de la Curva Circular

Para ángulos de deflexión entre tangentes menores o iguales a seis grados (6°), en el caso de que no se puedan evitar, se realizará la unión de estas, mediante una curva circular simple de tal forma que se cumplan los criterios indicados en la figura 10. La aplicación de estos criterios define la longitud mínima de las curvas circulares puesto que evita diseñar curvas circulares con longitudes demasiado cortas que generan una defectuosa apariencia de la vía y producen la sensación de quiebre forzado entre dos alineamientos rectos

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Figura No 10. *Radios para Pequeñas Deflexiones entre Alineamientos*

6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas depende principalmente de la topografía de la zona del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

6.1. TANGENTE VERTICAL

6.1.1. PENDIENTE MINIMA

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0.5% como pendiente mínima deseable y 0.3% para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

6.1.2. PENDIENTE MAXIMA

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. En las vías terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre 20 y 60 Km/h, en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Para la selección de la pendiente máxima, es necesario adoptar la pendiente máxima del corredor, la cual debe estar en consonancia con la velocidad de diseño del tramo homogéneo en la figura 11 se presentan los valores correspondientes.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÈNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

***Figura No 11**. Pendiente Media Máxima del Corredor de Ruta (%) en Función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo* (V_{TR})

6.1.3. LONGITUD MINIMA

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Especifica menor o igual a 40 Km/h, será equivalente a la distancia recorrida en 7 segundos a dicha velocidad, medida como proyección horizontal de PIV a PIV. En la figura 12 se presentan los valores para diferentes velocidades específicas de la tangente vertical (V_{TV})

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Figura No 12. *Longitud Mínima de la Tangente Vertical*

6.1.4. LONGITUD MAXIMA

- **Longitud crítica de la tangente vertical**. La longitud critica de la tangente vertical se define como la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Se considera que la longitud critica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de 25 Km/h con respecto a su velocidad medida de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

- **Pendiente de la Tangente Vertical siguiente a la de longitud crítica**. La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud critica, es del 1% en una longitud igual o mayor a la longitud critica anteriormente superada

6.2. CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe en el paso gradual

de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

Para el caso de este diseño se realizó en base al parámetro K y la longitud de transición de la curva vertical, de igual manera buscando la mejor acomodación del terreno y mejora de la visibilidad de parada. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima recomendada de acuerdo con la velocidad de diseño para cada sector.

En la figura No 13, se especifican los valores de K mínimos de acuerdo con el tipo de curva, la distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima según el criterio de operación, cabe anotar que estos datos se tomaron como referencia para el diseño del alineamiento vertical.

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

Figura No 13. *Valores de Kmín para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales*

6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la figura 14 se indican las curvas verticales cóncavas y convexas.

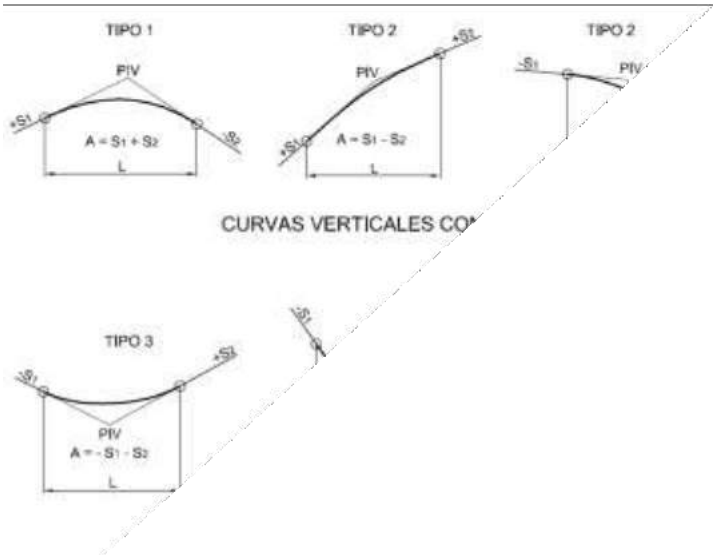


Figura No 14. *Tipos de Curvas Verticales Cóncavas y Convexas*

6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL

Dentro de los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas:

- **Criterio de Seguridad.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (D_p). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a).
- **Criterio de Operación.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de Drenaje.** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

Parámetro Visibilidad de Parada (K). La longitud de la curva es la relación del parámetro K con la sumatoria de las pendientes longitudinales, proceso de calculo que generalmente se realiza durante el proceso de cálculo con el software TOPO3, este es el método más usado para el cálculo de la longitud de la curva vertical.

En los anexos se muestran los elementos de las curvas verticales consideradas dentro del alineamiento diseñado considerando el cumplimiento de los diferentes criterios mencionados anteriormente

7. DISEÑO TRANSVERSAL

7.1. ANCHO DE CALZADA

El estudio debido a las características de la vía propone un ancho de calzada de 5.30 metros para todo el alineamiento, todo esto debido a que sobre el recorrido de la vía no se presta para aumentar el ancho de la calzada. Lo anterior, y sumado a la topografía de la vía obligo a realizar algunos cambios en el diseño con respecto al manual del Diseño de Invias.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la vía, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño de tramo homogéneo (VTR)(Instituto Nacional de Vías, 2008)

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

Figura No 14. *Ancho de Calzada en Metros*

Si bien es claro que en la figura anterior nos muestra que para los parámetros y el tipo de terreno para un valor de velocidad de tramo homogéneo para 20 Km/h, pero vale la pena anotar que las placa huellas del manual Colombia Rural tiene ancho de calzada promedio de 5 metros, y sobre esta base se realizo el diseño de esta estructura vial.

7.2. BERMA CUNETA

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 de ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura que permitiría la

filtración del agua que correría por la berma cuneta con el consecuente deterioro de la estructura vial.

7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. En la figura 16 se presentan los valores correspondientes:

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

***Figura No 16**. Bombeo de la Calzada*

Para este estudio y como la superficie de la vía es en pavimento en concreto hidráulico se decide usar un bombeo del 2% en toda la vía diseñada.

7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO

8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA

La vía se localiza en terreno ondulado con un ancho de calzada de 5.30 m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 20 km/h, se recomienda instalar

***Figura No 17.** Sección Transversal Típica Pavimento Vía Diseñada*

señalizaciones verticales en ambos extremos de la estructura vial con el fin de evitar accidentes.

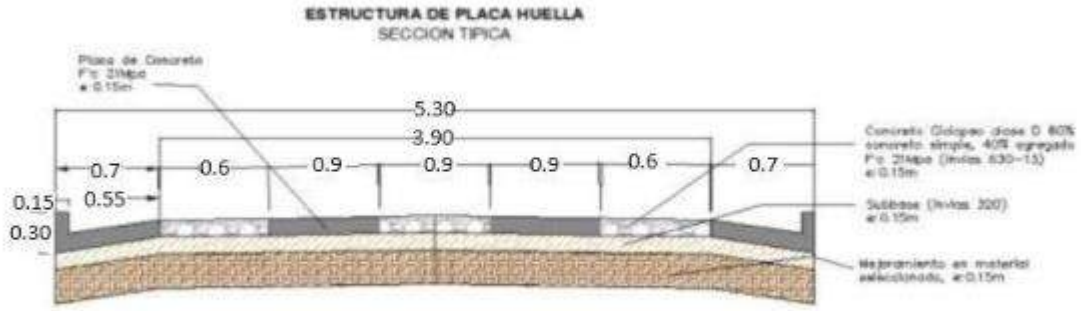


Figura. Sección transversal para la estructura de la placa huella.

8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA

Longitud	200ML
No de Corredores	1
Tipo de Terreno	Ondulado
Velocidad de Diseño	20 km/h
Ancho de Calzada	5.1 metros
Bombeo Normal	-2%
Emax	6%

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 20 Km/h, ajustando el diseño al manual de diseño geométrico de INVIAS, en algunos casos se ajustó a las condiciones actuales de la vía.

- Se adoptó un ancho de calzada de 5.3 metros para todo el diseño de la vía, de acuerdo a los parámetros establecidos en la Cartillas de Obras Menores del Instituto Nacional de Vías
- Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.
- Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

- Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2.0% para los tramos homogéneos y rectos de las vías, en los tramos con curvas horizontales se tuvo en cuenta el peralte máximo de 6.0% contemplado en el manual de INVIAS que permiten mejorar la movilidad de los usuarios, contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.
- El diseño de esta vía se hizo bajo la premisa de un vehículo de diseño C2G (Camión de dos Ejes Grande), esto luego de verificar los informes de tránsito y de diseño de la estructura vial realizados.
- Por ultimo vale anotar que las cantidades de la estructura presentada corresponde al levantamiento topográfico realizado el cual presenta un

total de 135 metros lineales, es decir, que se debe realizar el respectivo balance con el fin de revisar cual es el alcance real del proyecto de acuerdo con el presupuesto otorgado.



NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

10. BIBLIOGRAFIA

- Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico 2008*.

11. ANEXOS

- INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE
- CANTIDADES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
- INFORMES SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL
- PLANOS PLANTA – PERFIL
- PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES
- PLANOS SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL

INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE

VERTICAL

PIV	Longitud (m)			Pendiente (%		A	Tipo de	Abscisa, Cota (m)			Externa	Abscisa (	Cota Míni	Abscisa (	Cota Má	K	
#	Entrad	Salida	Estado	Entrad	Salida	%	Curva	PCV	PIV	PTV	m	m	m	m	m	Entrada	Salida
0									-0.058,63.795								
1	36	36	Posible	-3,73	-2,51	1,22	Concava	10.974,63.384	46.974,62.043	82.974,61.142	0,11					59,033	59,033
2	20	20	Posible	-2,51	-5,23	-2,72	Convexa	86.027,61.065	106.027,60.564	126.027,59.518	-0,136					14,687	14,687
3	11	11	Posible	-5,23	-5,91	-0,68	Convexa	139.183,58.831	150.183,58.255	161.183,57.606	-0,019					32,396	32,396
4	16	16	Posible	-5,91	-0,5	5,412	Concava	182.674,56.336	198.674,55.391	214.674,55.312	0,216					5,913	5,913
5									262.683,55.074								

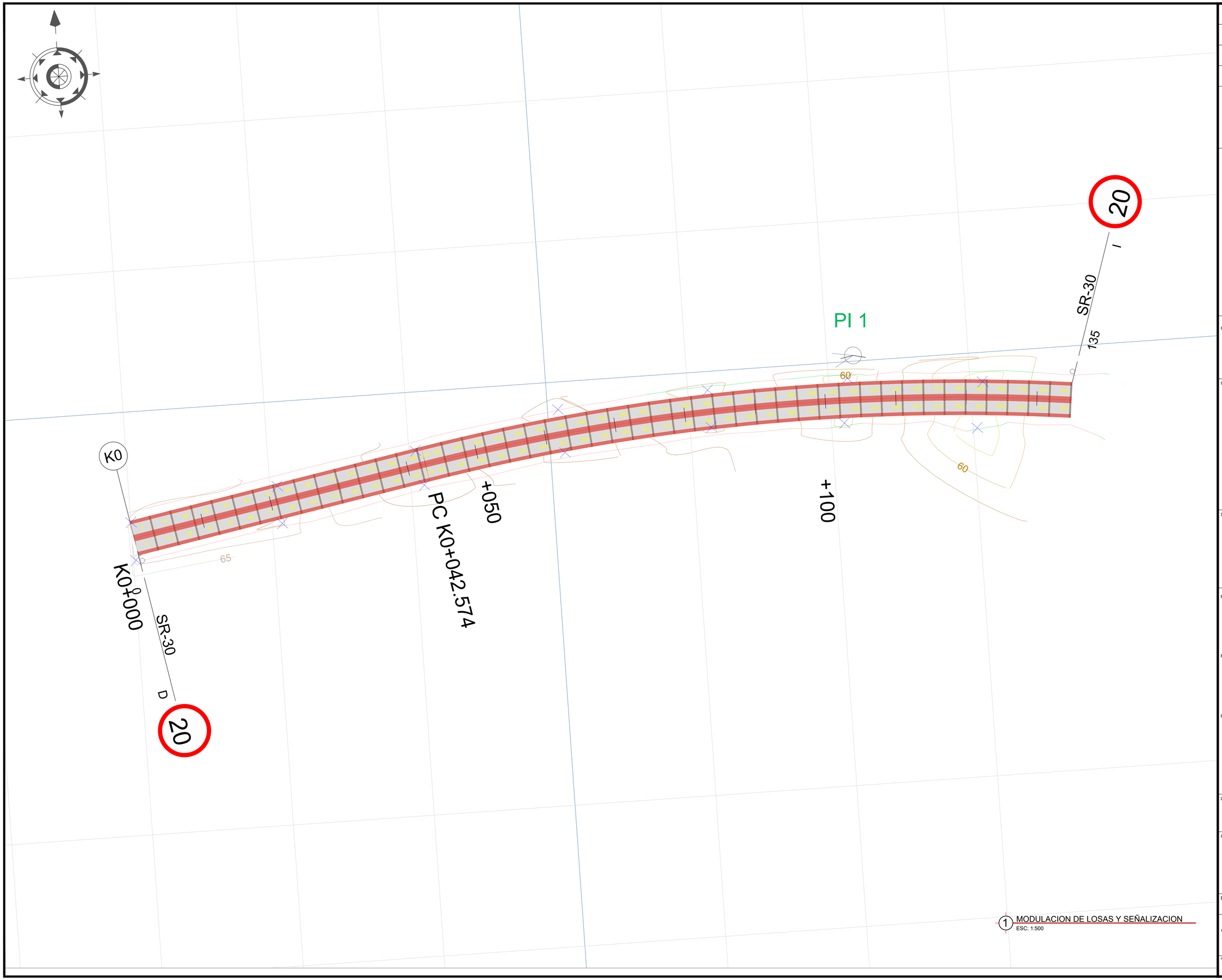
HORIZONTAL

PI#					Coordenadas		Abscisas					Longit	Tange	Radio	DeltaC	Longit	Espiral de Entrada					
	Tipo		Po	Sentid	PI	Delta	PC-TE	EC-EC1	CE-CE1	PT-ET	Total	Entrada					Le	Ae	TetaE	Xe	Ye	Xm
	PI	Curva	(S/	I/D	N,E (m)	g,m,s,ID	m	m	m	m	m	m	m	g,m,s	m		m	m	g,m,s	m	m	m
K0+000					1405782.103, 853640.326																	
1	Norma	C	S	D	1405800.81	22,56,22	42,574			165,89	123,3	62,49	308	22,56,2	123,3							
PQ-2	Norma	Sin Cu	S	D	1405774.71	5,8,21 D	222,32															
K0+262.683					1405762.359, 853898.167																	

CANTIDADES ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Tipo	Abscisa	Longitud	Materiales Estructura (m3)					Costos
Punto	m	m	[4] Subba	[5] Concre	[6] Concre	[7] Rellen	[9] Piedra	Seccion (millones)
	0							
		10	9,226	3,798	2,7	0,006	4,8	
	10							
		10	9,226	3,798	2,7	0,005	4,8	
	20							
		10	9,226	3,798	2,7	0,007	4,8	
	30							
		10	9,226	3,798	2,7	0,008	4,8	
	40							
		2,574	2,375	0,978	0,695	0,001	1,236	
PC	42,574							
		2,426	2,238	0,921	0,655	0,001	1,164	
	45							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	50							
		5	4,613	1,899	1,35	0,004	2,4	
	55							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	60							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	65							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	70							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	75							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	80							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	85							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	90							
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4	
	95							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	100							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	105							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	110							
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4	
	115							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	120							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	125							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	130							
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4	
	135							
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4	
	140							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	145							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	150							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	155							
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4	
	160							
		5	4,613	1,899	1,35		2,4	
	165							
		0,887	0,819	0,337	0,24		0,426	
PT	165,887							
		4,113	3,795	1,562	1,11		1,974	

	170								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	180								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	190								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	200								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	210								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	220								
		2,318	2,138	0,88	0,626		1,112		
PQ	222,318								
		7,682	7,088	2,918	2,074		3,688		
	230								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	240								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	250								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	260								
		2,683	2,475	1,019	0,724		1,288		
	262,683								
		0							
Totales V	Totales V	Totales Volú	242,356	99,758	70,924	0,068	126,088		
Costos T	Costos T	Costos Totales (millones) :							



1 MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION
ESC: 1:500

REVISIÓN | PLANO. PLACA HUELLA | PLANCHA No. 01

ARCHIVO | FECHA ABRIL DE 2024 | ELABORACIÓN

ESCALA INDICADA

CONTIENE MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION

OBJETO

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA LA JUAN PABLO II, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DE PARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

CONVENCIONES

CONVENCIONES	
EJE	
LATERAL	
CERCA	
ALCANTARILLA	
BOXCOULVERT	
TERRAPLEN	
ASFALTADA	
PLACA HUELLA	
COLEGIO	
ARBOL	
POSTE	
DELTA	
GPS	

SOLICITÓ:

REALIZÓ:
NELSON MOLINARES DORIA
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES
MAT. 081037-0583064 COR
FIRMA:

REVISO:
JUAN CAMILO MARTIEZ PEREZ
INGENIERO CIVIL
C.C: 1067892011
FIRMA:

REVISO

LOCALIZACION
SANTA ROSA DEL SUR, BOLIVAR

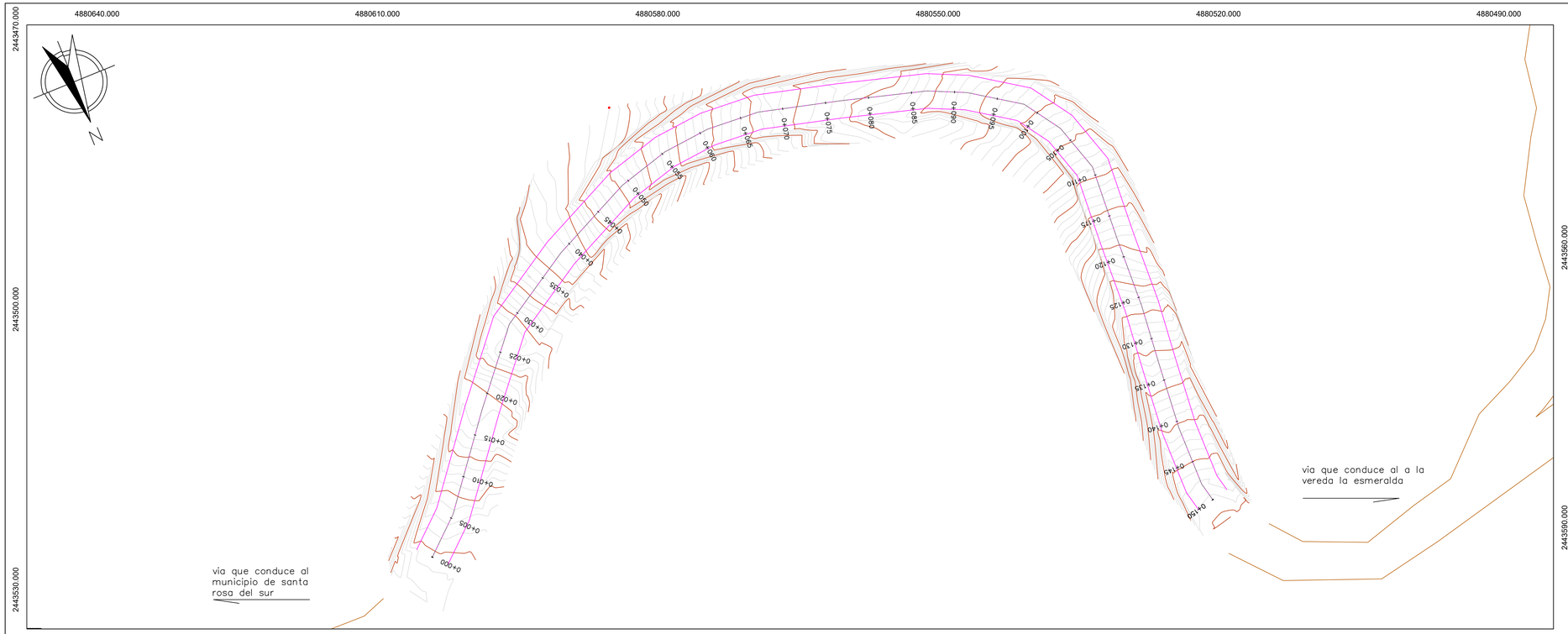
CONTIENE
MODULACION DE LOSAS Y SEÑALIZACION

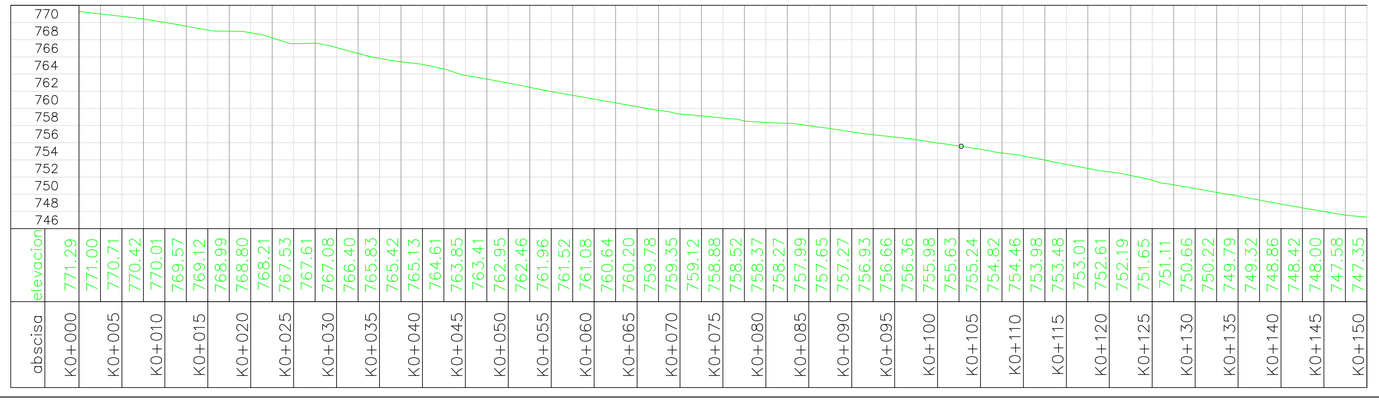
ESCALA INDICADA

ARCHIVO | FECHA ABRIL DE 2024 | ELABORACIÓN

REVISIÓN | PLANO. PLACA HUELLA | PLANCHA No. 01

FORMATO: ISO Full Bleed B1 (1000 mm x 707 mm)





abscisa	elevacion
K0+000	771.29
K0+005	771.00
K0+010	770.71
K0+015	770.42
K0+020	770.01
K0+025	769.67
K0+030	769.12
K0+035	768.99
K0+040	768.80
K0+045	768.21
K0+050	767.53
K0+055	767.61
K0+060	767.08
K0+065	766.40
K0+070	765.83
K0+075	765.42
K0+080	765.13
K0+085	764.61
K0+090	763.85
K0+095	763.41
K0+100	762.95
K0+105	762.46
K0+110	761.96
K0+115	761.52
K0+120	761.08
K0+125	760.64
K0+130	760.20
K0+135	759.78
K0+140	759.35
K0+145	759.12
K0+150	758.88
	758.52
	758.37
	758.27
	757.99
	757.65
	757.27
	756.93
	756.66
	756.36
	755.98
	755.63
	755.24
	754.82
	754.46
	753.98
	753.48
	753.01
	752.61
	752.19
	751.65
	751.11
	750.66
	750.22
	749.79
	749.32
	748.86
	748.42
	748.00
	747.58
	747.35

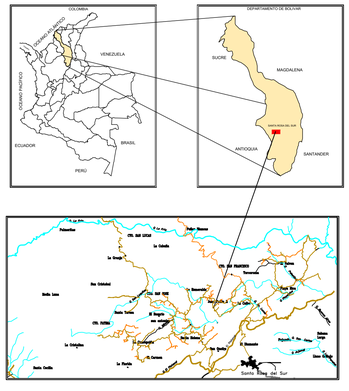
CONVENCIONES ESPECÍFICAS

- CURVAS DE NIVEL
- EJE
- TRAMO LA CEIBA
- VIA DESTAPADA

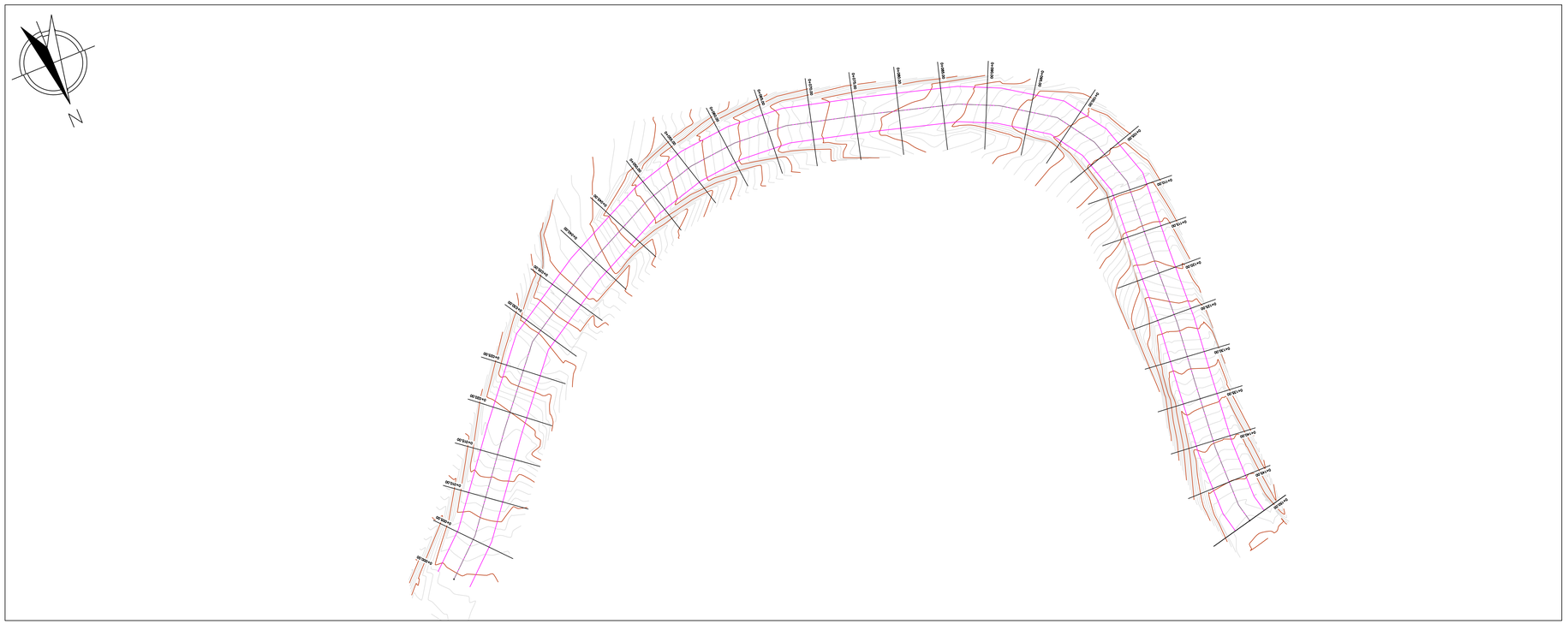
ORIGEN DE COORDENADAS

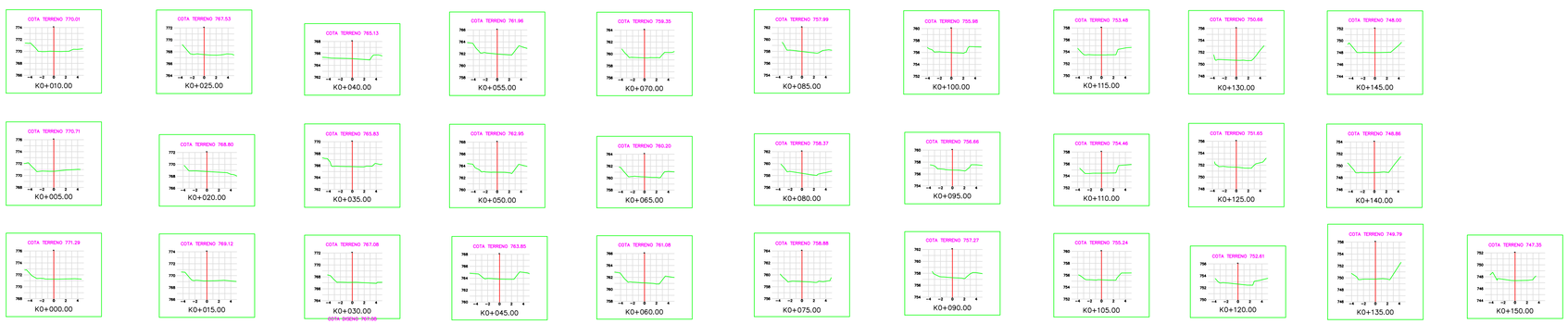
Sistema de coordenadas: CTM12
Proyección: Transversa Mercator
Datum: MAGNA
Falso Este: 5,000,000
Falso Norte: 2,000,000
Meridiano Central: -73°
Factor de escala: 0.9992
Latitud de Origen: 4°
Unidades: metros

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Nombre del mapa:	LEVANTAMIENTO ALTIPLANIMETRICO PARA DISEÑO DE PLACAHUELLA	Vereda:	JUAN PABLO II	Municipio: SANTA ROSA DEL SUR	Departamento: BOLIVAR
Levanto:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Dibujo:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Escala gráfica: 0 — 25	Escala: 1:250
Reviso:		Fecha:	03-2023	Plano 01 de 01	

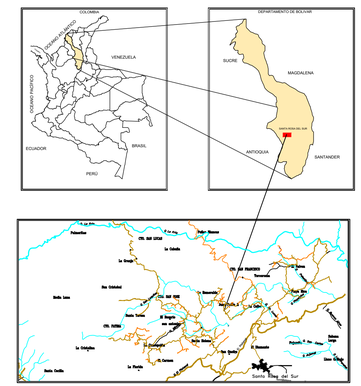




CONVENCIONES ESPECÍFICAS

- CURVAS DE NIVEL
- EJE
- TRAMO LA CEIBA
- VIA DESTAPADA

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Nombre del mapa:	LEVANTAMIENTO ALTIPLANIMETRICO PARA DISEÑO DE PLACAHUELLA		Vereda: JUAN PABLO II	Municipio: SANTA ROSA DEL SUR	Departamento: BOLIVAR
Levanto:	TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Dibujo: TOP. WILSON PINTO BARAJAS MP.01-15638 CPNT	Escala gráfica: 0 — 25	Escala: 1:250	
Reviso:			Fecha: 03-2023	Plano 01 de 01	

VEREDA SAN BENITO

INFORME DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN SISTEMA DE PLACA HUELLA, VEREDA SAN BENITO – MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, BOLIVAR.

OBJETO:

"AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA SAN BENITO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR - BOLIVAR

ABRIL DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 3
2. ALCANCE 4
3. OBJETIVOS 5
4. TRANSITO DEL PROYECTO 6
5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO. 7
5.1. ESTUDIO DE SUELO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. 8
5.1.1. Nivel freático. 8
5.1.2. Perfil estratigráfico. 8
5.2. Resultados de CBR de diseño 8
5.3. Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante. 10
6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO 12
6.1. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL. 12
6.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA. 13
6.2.1. Estructura de pavimento con sistema de placa huella. 13
6.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS. 13
6.2.3. Diseño estructural de la placa huella.
6.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO.
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
8. BIBLIOGRAFÍA. 20

1. INTRODUCCIÓN.

Se realizará el diseño de la estructura de pavimento del tramo vial en la vereda San Benito, que cuenta con 133 m atreves de la secretaria de obras del municipio de Santa Rosa del Sur departamento de Bolivar.

El presente documento describe los procesos mediante los cuales se calcula la estructura de placa huella, dependiendo de todas las especialidades que entran en dicho diseño.

2. ALCANCE

Se presentarán todas especificaciones y detalles para el diseño de 133 m de la placa huella apoyado en los estudios de suelos, topografía, hidráulico, tránsito y otros componentes extraídos en campo. Pero aún más importante es la necesidad de la comunidad debido a que no cuenta con vías óptimas para sacar su producto de manera rápida y segura.

De igual manera el documento tiene como alcance realizar el diseño de la placa huella acorde a las normas de Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

3. OBJETIVOS

- **General.**
  Construir de manera rápido y consistente el primer tramo de placa huella en la via que pertenece a la vereda San Benito en el municipio de Santa Rosa Del Sur - Bolivar

- **Especifico.**
  Poder mitigar y resolver de manera eficaz la problemática que presenta la vereda la ceiba en cuanto al pésimo estado de las vías de acceso.

  Esta vía es la entrada y salida de los habitantes de la vereda sin duda en época de lluvias es donde la comunidad sufre por el mal estado de las vías, sin poder transportar sus alimentos y el producido de sus cosechas.

4. TRANSITO DEL PROYECTO

La cartilla para obras menores y estructuras viales del programa Colombia Rural, propone las siguientes clasificaciones para el tránsito de vías rurales, se presentan en la Tabla

CATEGORÍA	CARGA [EE8.2t]
N1	N 150000
N2	150000 < NS 300000
N3	300000 < NS 500000

Todos los tramos de la vía objeto del estudio por sus condiciones de tránsito vehicular se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.

5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ESTUDIO.

La presente consultoría, realizó un estudio de mecánica de suelos para el tramo 1 en la vía ubicada en la vereda SAN BENITO, municipio de SANTA ROSA DEL SUR, Bolivar.

Para esto se ordenó la realización de dos (02) apiques cada 180 metros de un punto a otro, para la extracción de muestras en moldes para la realización del ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) a una profundidad de 2.0 m, con el fin de analizar la estructura de pavimento.

De los apiques se obtuvieron tres muestras para el ensayo CBR, todas estas perforaciones fueron realizadas en las zonas donde se llevará a cabo el proyecto ya mencionado.

CBR APIQUE # 2 VEREDA SAN BENITO		MODULO RESILIENTE			
		CLASIFICACION CUALITATIVA	MPA	Kg/CM^2	PSI
CBR 95%	28.78	Excelente	151.1	1511.2	21589.0

La exploración de campo se realizó mediante la utilización de moldes para el ensayo de CBR, de cada perforación se obtuvo muestras representativas del terreno con el fin de llevarlas al laboratorio para realizarles las pruebas necesarias para identificar las propiedades y características del terreno. El programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio contemplan lo siguiente:

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Apiques	02
CBR Inalterado	02
Contenido de humedad	02
Límites de Atterberg	02
Granulometrías	02
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	02

Programa de exploración y ensayos.
Fuente: Elaboración propia

6.1 Estudio de suelo para la estructura de pavimento.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para los materiales encontrados mediante la exploración geotécnica, se caracterizó el material que compone el suelo de soporte (subrasante) sobre el cual estará apoyada la estructura de pavimento tipo placa huella. Lo anterior basado en los ensayos de laboratorio de granulometría, humedades naturales, límites de Atterberg, ensayos CBR inalterado y sumergido. En el siguiente numeral se realiza el análisis para los resultados obtenidos de los apiques ejecutados en el proyecto.

1.1 Nivel Freático

El nivel freático no es un valor constante y depende de una serie de factores que incluyen en su comportamiento, entre los cuales se destacan las precipitaciones y la época del año. En época de verano, debido a la evaporación por el calor intenso, el nivel tiende a descender mientras en épocas lluviosas, el nivel se acercará más a la superficie.

Durante la exploración realizada no se encontró el nivel freático.

1.2 Perfil Estratigráfico

El perfil estratigráfico obtenido en la campaña de exploración geotécnica del trazado del proyecto para vía, reporta espesores predominantes de gravas arcillosas con arenas y arenas limosas o arcillosas con presencia de gravas seguido de material arcilloso de mediana plasticidad con o sin presencia de arena en las respectivas áreas del proyecto evaluado.

Así mismo, se presentan fotografías de la exploración geotécnica y la extracción de las muestras.

6.2 Resultados de CBR de Diseño

La necesidad de utilizar el CBR sumergido obedece a que los niveles freáticos son superficiales en épocas de invierno, adicional a esto se busca contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura.

El cálculo del CBR de la subrasante se realizó aplicando la metodología del promedio por ser menos de 5 datos relacionados, por tanto, en CBR escogido corresponde a **49.43%**

De lo anterior se define que el CBR de la subrasante para la vía es igual a **49.43%,** Como se puede observar en los resultados, el suelo de soporte cumple con el valor mínimo requerido de una subrasante (CBR ≥ 3%) según lo establecido en la *Cartilla de Obras Menores de Drenaje Y Estructuras Viales Colombia Rural*

***Para hacer el resultado de CBR solo se tuvo en cuenta el material de subrasante y de este mismo se obtuvo la muestra*.**

S1	3 ≤ CBR < 5
S2	5 ≤ CBR < 7
S3	7 ≤ CBR < 10
S4	10 ≤ CBR < 15

El espesor de la subrasandte se calculará por medio de la fórmula de Ivanov.

La fórmula de Ivanov nos arroja un CBR de diseño de **84.03** el espesor de mejoramiento de **15cm** basados en la cartilla de obras menores de Colombia rural.

Análisis del Potencial de expansión

Un factor que influye contundentemente en el comportamiento del suelo es la **expansividad**, pero en la zona al momento de realizar las exploraciones no se encontraron rastros de material expansivo como: casas con grietas o suelos agrietados

6.3 Mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la tabla 10 (estudio de suelos), debe tener un valor de CBR mínimo de 3% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS..

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 - 3	Muy pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Afirmados y subbase
20 - 50	Bueno	Subbase y base
>50	Excelente	Base

Figura. Mejoramiento de subrasante

6. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO

Para el proyecto de intervención de la vía de estudio se propone el siguiente diseño estructural de estructura de pavimento:

Estructura de pavimento tipo placa huella, compuesta por materiales granulares de subbase granular (SBG) acorde con el tipo de tránsito del proyecto dispuestos sobre la subrasante mejorada.

El método de diseño utilizado para el dimensionamiento de la estructura de pavimento, corresponde al procedimiento indicado en la Cartilla de Obras menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS.

7.1 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE NATURAL.

Para la intervención del presente segmento se requiere del mejoramiento de la subrasante. Dada la reducida resistencia mecánica y el potencial expansivo de la subrasante natural, se requiere considerar un espesor de mejoramiento, para lo cual se realiza el cálculo del espesor adecuado de un material de terraplén tipo seleccionado que garantice un CBR de diseño mínimo del 3%, como parámetro mínimo recomendado por la consultoría.

Para el cálculo del CBR equivalente de la interacción de la Sub-rasante y el mejoramiento con material granular, se aplicará el cálculo estimativo del CBR equivalente en la superficie de la capa de mejoramiento por medio de la fórmula de IVANOV.

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) tan^{-1}\left(n\frac{e_{mej}}{2a}\right)}$$

Donde:

E_{eq}: Módulo elástico equivalente del sistema, Kg/cm2

E_{sbr}: Módulo elástico de la subrasante, Kg/cm2

E_{mej}: Módulo elástico del mejoramiento, Kg/cm_2

e_{mej}: Espesor de la capa de mejoramiento, cm

a: Radio del área de carga, 15.27cm

n: Parámetro adimensional

A continuación, se presenta el cálculo del módulo equivalente de la subrasante mejorada de la vía a intervenir, el cual será el CBR de diseño a implementar en el diseño. El CBR de laboratorio fue **84.03**

Así se tiene que basados en los resultados de CBR no se considera necesario un material de mejoramiento, con la subbase granular y la losa de placa huella tendríamos un proyecto estable y duradero. La subbase debe Cumplir con los requerimientos del Articulo 320-22 del INVIAS.

7.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON SISTEMA DE PLACA HUELLA.

7.2.1. Revisión bibliográfica para la estimación de parámetros de diseño.

Las Placa-huellas constituyen una solución para vías terciarias de carácter vereda 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. Es un pavimento constituido por una sucesión de placas y riostras reforzadas utilizando la metodología de diseño por carga última.

La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural" y la Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020 la cual deroga la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella versión 2016.

7.2.2. Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa-huella establecidos por el INVIAS.

a) mecanismo de falla del pavimento con Placa-huella.

El mecanismo de falla del diseño del pavimento con placa-huella es por carga última y su diseño consiste en una estructura de concreto reforzado totalmente apoyada sobre el suelo (en este caso el suelo es la subbase granular) constituida por placas-huella y riostras que trabajan monolíticamente.

b) El tránsito.

En el desarrollo de esta cartilla, se evaluaron diversas combinaciones de espesores de placa, cargas vehiculares y tipos de suelo de subrasante. Se realizaron modelos numéricos considerando vehículos tipo C3, C2 y vehículos ligeros (camionetas y automóviles).

En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores a las del C-3, la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

c) Efecto del clima.

Los parámetros del clima de la zona del proyecto que inciden en el comportamiento de un pavimento son fundamentalmente la temperatura y la precipitación.

La temperatura en un pavimento de concreto, como lo es el de placa-huella, se refleja en los esfuerzos de alabeo. De acuerdo a los diseños desarrollados por el Instituto Nacional de Vías Por las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención especial. Por su parte la precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma-cunetas, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes.

d) La subbase granular (SBG).

La Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural adoptó para la subbase granular o suelo cemento un espesor de quince (15) centímetros que debe cumplir con la calidad exigida en las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. Dicho espesor obedece a razones constructivas como son el contribuir a lograr la lisura de la superficie de apoyo de las placas, que es la subbase granular, a poder lograr la compactación requerida cuando los suelos de apoyo sean de precaria calidad y a disponer de una superficie de trabajo limpia.

La compactación de la capa de sub-base en el terreno debe ser tal que se garantice un incremento mínimo de la densidad luego de poner en funcionamiento el pavimento, por tanto, se exigirá un porcentaje de compactación cuando menos del 95% de la máxima densidad seca obtenida en un ensayo de Proctor Modificado.

La subbase granular debe cumplir con los requisitos dados por el INVIAS Artículo 320-22.

e) Espesor de la Placa-huella.

INVIAS en la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural se presenta el espesor recomendado de acuerdo al tipo de vehículos que circulara por la vía, el espesor de la placa-huella se define de quince (15) centímetros en concreto reforzado totalmente apoyadas sobre la Subbase Granular, complementadas con riostras también reforzadas que aportan confinamiento a los elementos de la sección transversal.

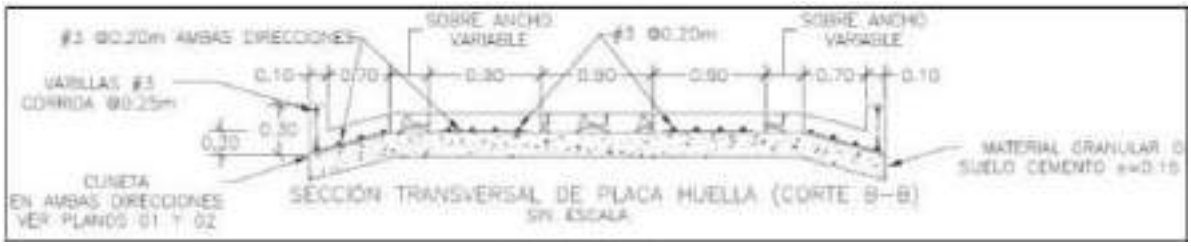
7.2.3. Diseño estructural de la placa huella.

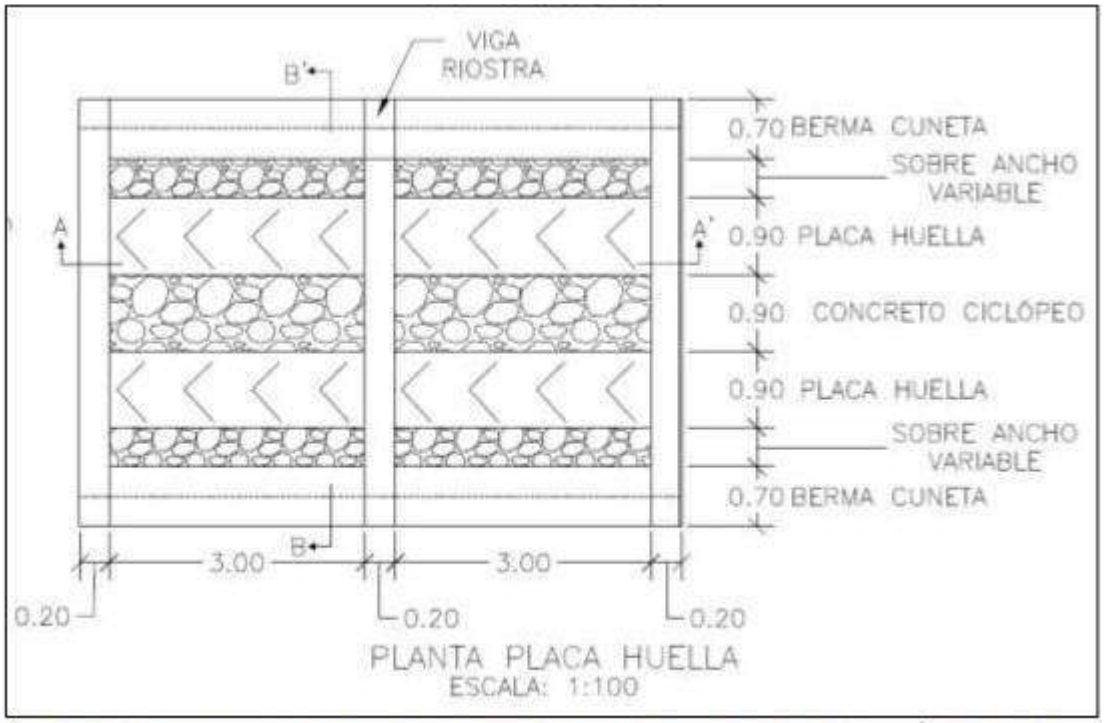
a) Dimensiones de las losas de concreto.

Teniendo en cuenta la información del tránsito en la cual los vehículos que se esperan que circulen en la placa huella son de carácter liviano, por lo cual el diseño se ceñirá al plano 125 de la Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural.

La estructura de placa huella para el tramo de la vía ubicada en la vereda aguaditas en el municipio de Buenavista - Córdoba Es la siguiente:

La longitud puede variar entre 1.00 y 3.00 m, para este diseño la consultoría recomendara huellas de 3m de largo. En general serán placa huellas de 0.90 m de ancho por 3m de largo, separadas entre sí por concreto ciclópeo de ancho igual a 0.90 m en el centro y de ancho variable en los extremos, las placas de concreto estarán arriostradas por viguetas de 0.20 m de ancho por 0.25 m de alto, localizadas en los extremos y en el medio de las placas.

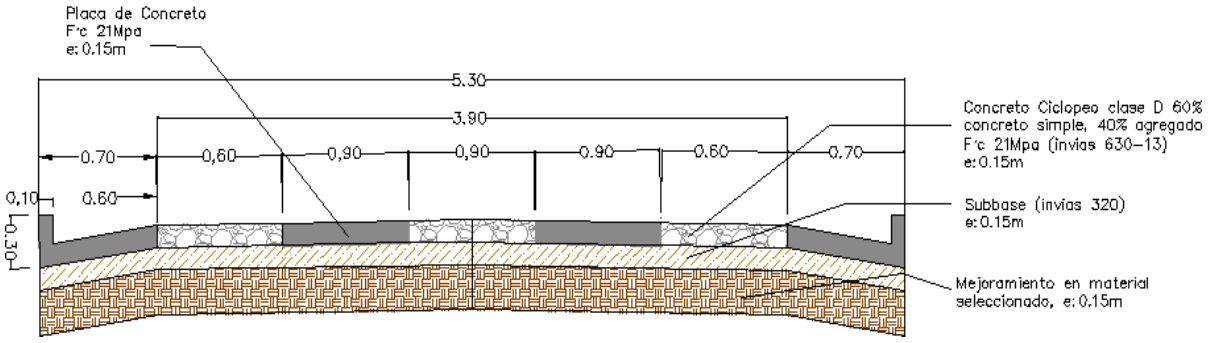




Fuente: Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural (INVIAS Resolución 2483 del 19 de octubre de 2020)

Las dimensiones de la placa huella pueden presentar variaciones en los anchos con el fin de ajustarse a las condiciones de paramentos y lotes privados existentes. Teniendo en cuenta lo anterior y el diseño geométrico suministrado se tiene una sección tipo.

ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
SECCION TIPICA



b) Resistencia del concreto.

- **Concreto ciclópeo.**

La piedra pegada es una capa de 0.15 m de espesor conformada por un concreto ciclópeo, compuesto por 60% de concreto simple de 3000psi y 40% de agregado ciclópeo (piedra rajon), debe cumplir con las exigencias dadas en el artículo INV. 630-22. el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa.

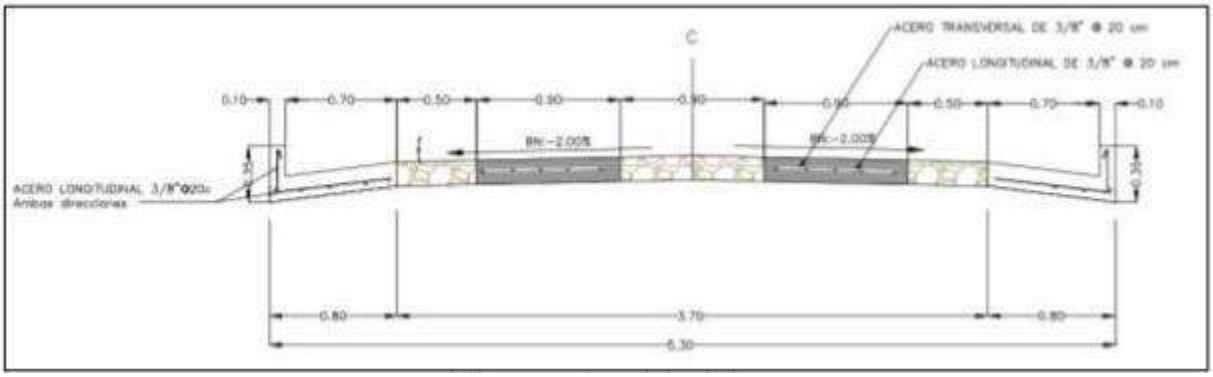
- **Concreto de huella.**

Para las cintas o huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final, se propone en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural" el empleo de concreto con una resistencia a la compresión de 21Mpa (Tabla 630-22 Valores mínimos de resistencia del concreto estructural).

- **Refuerzo.**

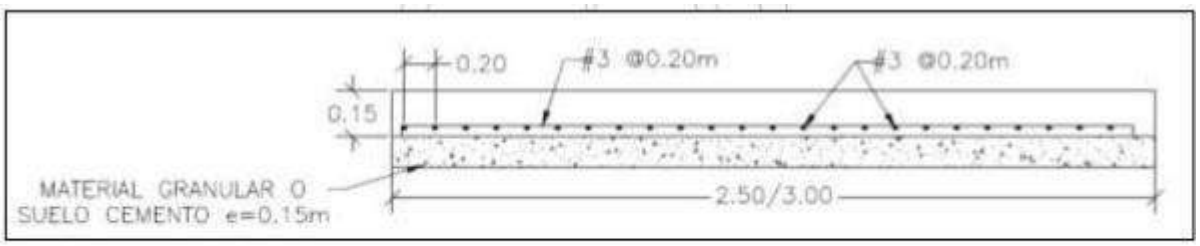
La Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural establece que el acero de refuerzo de la placa huella para vehículos livianos consistirá en 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo longitudinal y 1 varilla número 3 cada 0.20 cm (1#3@0,20) como refuerzo transversal. La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.

A continuación, se mostrarán los esquemas guías en planta, perfil y detalles de refuerzo por lo tanto algunas dimensiones no serán las reales.



Fuente: Diseño Estructura de Placa huella

Figura. Sección transversal de la estructura de la placa huella con refuerzo.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

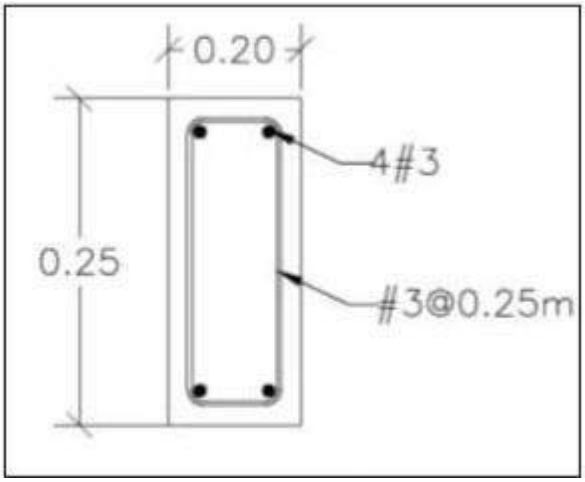
Figura. Corte longitudinal de placa huella para vehículos livianos con refuerzo.

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado. El refuerzo longitudinal de las vigas riostra consistirá en 4 varillas número 3 (4#3) y los estribos tendrán 1 varilla número 3 cada 25 cm (1#3@0,25). La longitud de traslape de las varillas longitudinales #3 es de mínimo 54 cm.



Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte longitudinal típico viga riostra con refuerzo.

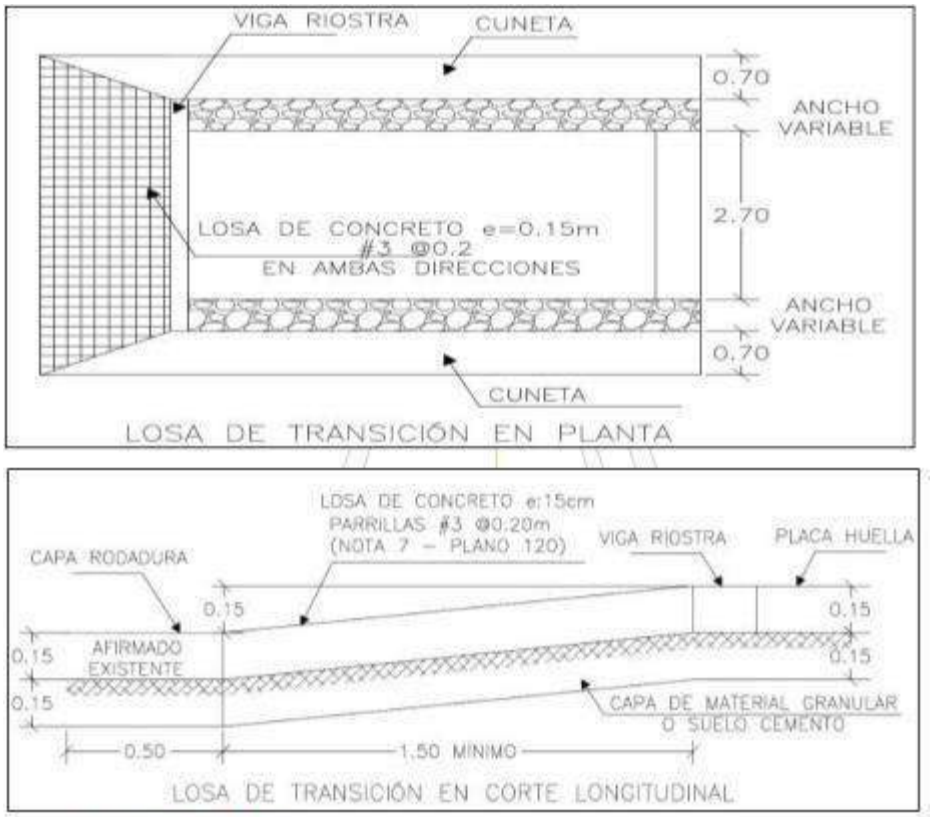


Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125.

Figura. Corte Transversal viga riostra

De acuerdo con la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural tanto al inicio como al final de los tramos del proyecto se debe generar un área de transición del suelo a la estructura rígida. Para esos casos el constructor deberá considerar un tratamiento especial que puede consistir en la escarificación y compactación adicional, cuando se trata de materiales granulares como afirmados o subbases, o de la conformación de un remplazo de material granular compactado con un espesor mínimo de 0.15 m en las zonas en contacto por fuera de la placa huella, en una longitud de al menos 1.50 m.

Se deben construir losas de transición al inicio y al final de los tramos de placa huella que no conectan con pavimento existente, como se ilustra



en la siguiente figura:

Fuente: Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125

Figura 15 Losa de transición placa huella

Para el sello de las juntas entre placas huellas se emplearán material asfáltico o premoldeado cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M 89, M 33, M 153 y M 30.

Las juntas longitudinales y transversales se deben hacer de acuerdo a la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural plano 125 para tránsitos con vehículos livianos.

Nota: En caso de identificarse la necesidad que durante la vida útil del pavimento a construir deban transitar por él vehículos de dimensiones y peso superiores vehículos tipo livianos la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada tipo 1 (plano 125 de la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural) no sería viable y deberá ser ajustado al plano 126 según corresponda o la construcción del pavimento con Placa - huella reforzada no sería viable.

7.3. ESTRUCTURA DE DISEÑO.

El Informe de Diseño de 134m Pavimento en Sistema de Placa Huella, **Vereda la CEIBA** – Municipio de Santa Rosa Del Sur – Bolivar, determina un corredor con tránsito **N1 (28.30)** y **CBR de diseño 84.03%,** por lo que se determina una capa de una capa de **15cm de espesor de Subbase Granular**, que se ajuste a la Sección INV-320-22, y una capa capa de **rodadura en Placa Huella de 15cm** de espesor, que se ajuste a la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del Programa Colombia Rural de INVIAS en concretos de 3.000PSI (F'c 21MPa), integrando berma-cunetas para un ancho total de **calzada de 5,30m**, con juntas debidamente selladas en el material asfáltico o premoldeado.

ESQUEMA	ESPESOR (Cm)	TIPO DE MATERIAL
	15	Placa huella – Concretos de 3000psi
	15	SBG Clase C – Art. 320 – 22, INVIAS
	15	AFI. – Art. 311 – 22, INVIAS

Tabla. Espesores de la estructura propuesta para el pavimento.

- **Geometría de la estructura.**

El criterio de diseño en los tramos en curva consiste en impedir que los camiones y buses realicen trayectorias sobre la piedra pegada. Por lo anterior, algunos tipos de curvas requieren un sobreancho especial de diseño. A medida que aumenta la deflexión en la curva y disminuye su radio el sobreancho necesario es mayor.

El camión C3 al girar en la curva dibuja una trayectoria con sus ruedas traseras que abandona la placa huella y recorre las franjas de piedra pegada. Esto hace necesario un sobreancho en la sección de la placa huella el cual consta de una losa reforzada sobre la cara exterior de la curva.

Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

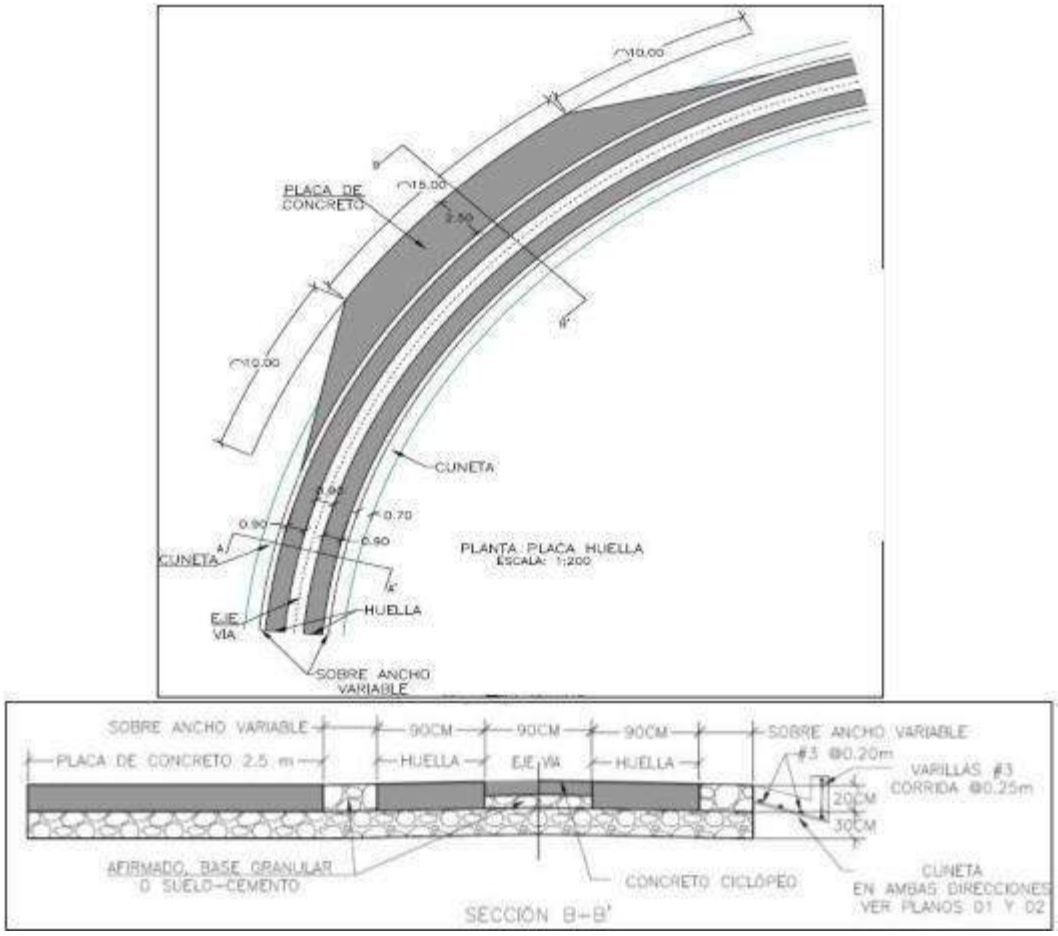


Figura . Diseño tipo - Sobreanchos en la placa huella, zona de curvas. El constructor deberá tenerlo encuentra siempre y cuando el paramento de los predios lo permitan

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los tramos de la vía objeto del estudio, se ajusta al tránsito N1, esta clasificación corresponde a los flujos de tránsitos **BAJOS**, éste parámetro se tendrá encuentra en el diseño del Pavimento en sistema de Placa Huella.
- De acuerdo al estudio geotécnico hecho por el consultor JS GEOCIMIENTOS S.A.S, se propone que: *"Para el CBR de diseño con una capa de 15cm de subbase es suficiente para tener una estructura de placa huella estable y de buena calidad.".*
- La estructura de la placa huella del presente estudio será la recomendada por el INVIAS en la "Cartilla Obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural"
- Teniendo en cuenta la exploración geotécnica realizada, el análisis de la información y lo establecido en la Cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural, a continuación, se presenta la estructura de pavimento propuesta en sistema de placa huella.

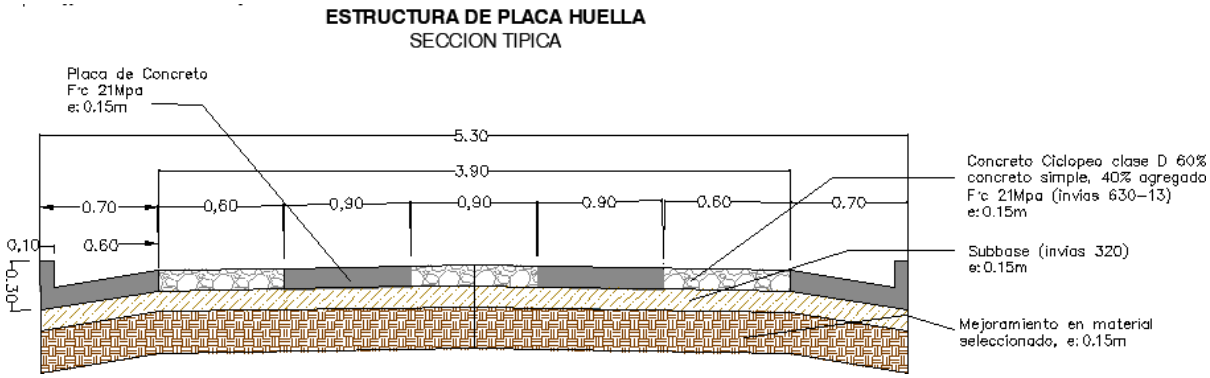


Figura. Sección transversal para la estructura de la placa huella.

- Los sobreanchos requeridos en todos los casos de curvas en el alineamiento horizontal serán los propuestos en la Cartilla
- la de obras menores de drenaje y estructuras viales del programa Colombia Rural del INVIAS. Para el caso del proyecto el constructor deberá evaluar las condiciones prediales para lograr construir los sobreanchos, ya que de acuerdo al trabajo topográfico los paramentos actuales en la vía impiden su construcción.

- Se deberá tener especial cuidado con el curado y fraguado de las losas de concreto atendiendo las recomendaciones de las especificaciones de construcción del artículo 630-13 del INVIAS y las dadas por el proveedor del concreto.

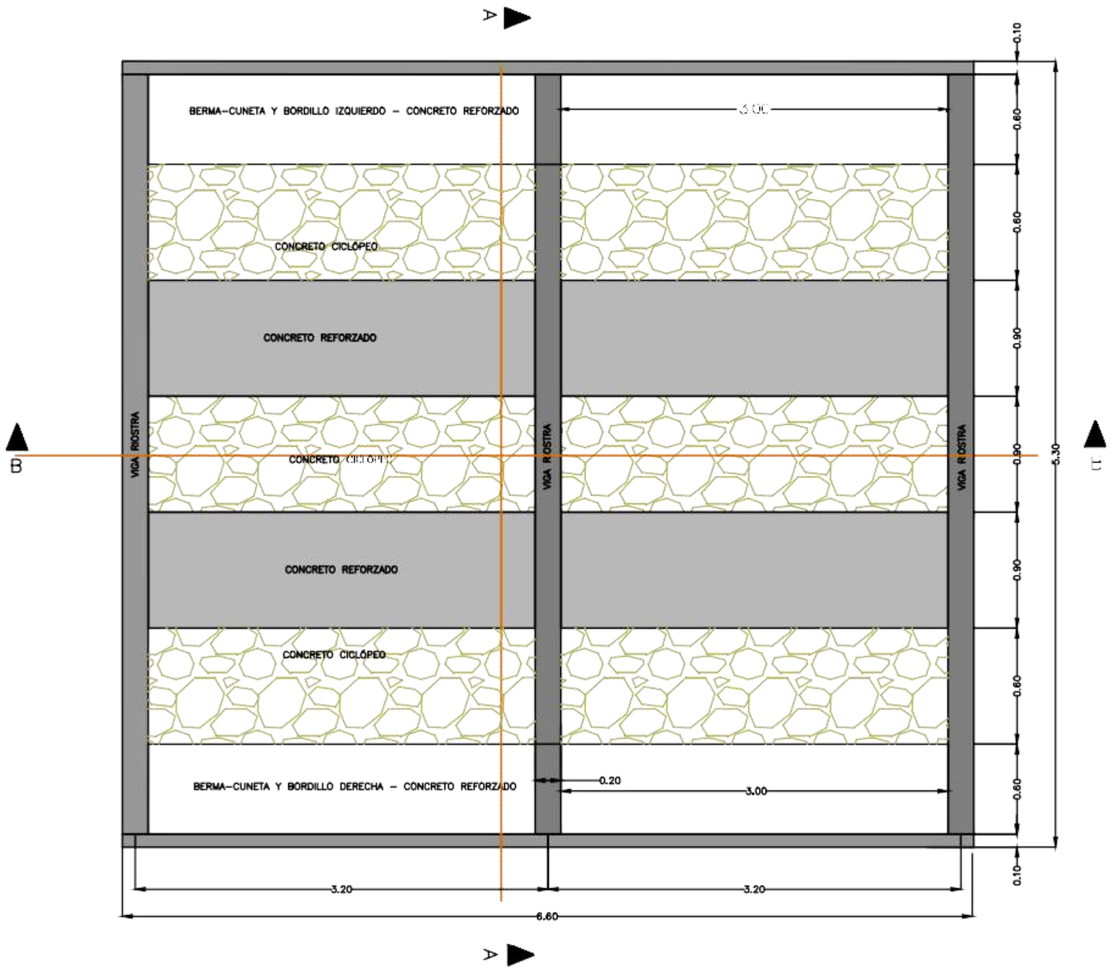
- Para la conformación y compactación de la capa SBG de la estructura se debe cumplir con lo estipulado en la sección 3 0 0 : Capas granulares de subbase de la misma especificación. Este material granular, debe cumplir con los requisitos de calidad mínimos que garanticen un comportamiento adecuado de la estructura de pavimento, acorde a las hipótesis utilizadas para la modelación.

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

9. BIBLIOGRAFÍA.

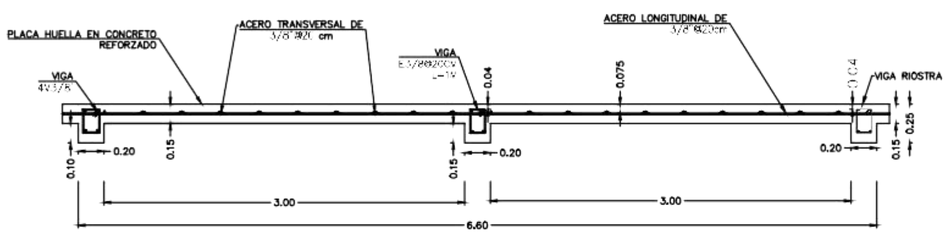
Cartilla Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

PLANTA DE PLACA HUELLA

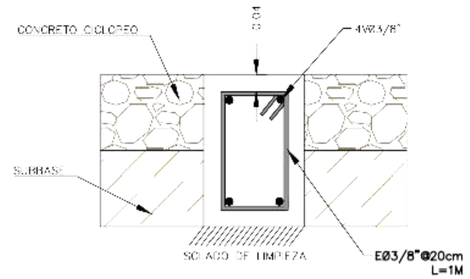


SECCION LONGITUDINAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS

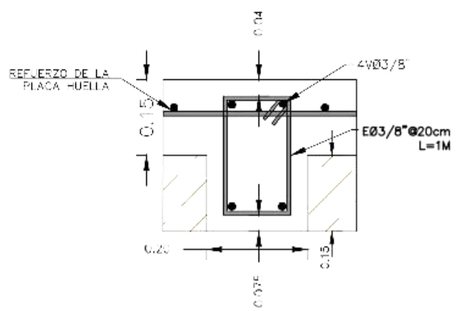
CORTE B - B



DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN PIEDRA PEGADA

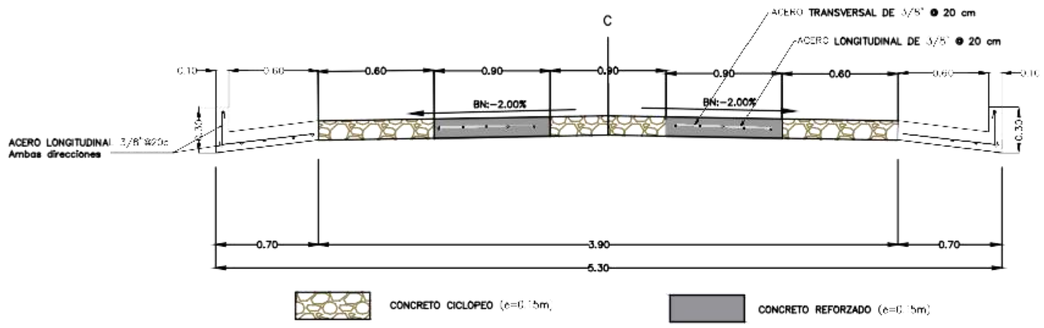


DETALLE REFUERZO VIGA RIOSTRA EN HUELLA

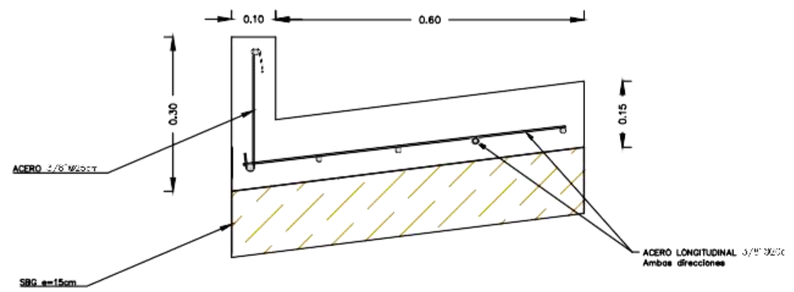


SECCION TRANSVERSAL TIPICA - DETALLE REFURZO EN PLACAS Y BERMA CUNETA

CORTE A - A

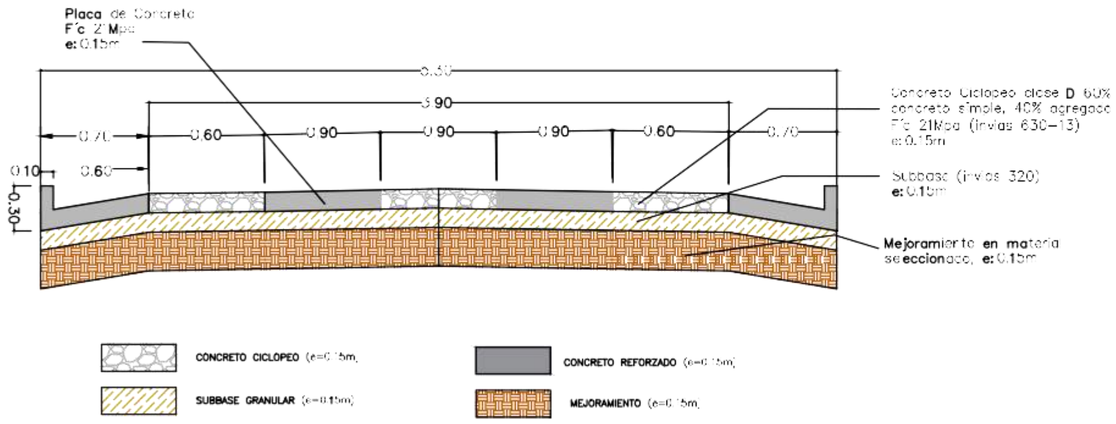


DETALLE REFUERZO BERMA CUNETA



ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA

SECCION TIPICA



Proyecto:

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA SAN BENITO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL

Localización:



MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR

Dibujó:

ING. JUAN CAMILO MARTINEZ

Revisó:

NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

Contiene:

- ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA
- DETALLES

Convenciones:

Escala:

INDICADAS

Fecha:

ABRIL DE 2024

Nº de plano:

1/1

INFORME DISEÑO GEOMETRICO

PROYECTO

AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA SAN BENITO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.

TRAMO

VÍA ACCESO VEREDASAN BENITO

PETICIONARIO

JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN BENITO

INGENIERO DISEÑADOR

NELSON JUNIOR MOLINARES DORIA

ESP. EN VIAS TERRESTRES

SANTA ROSA - BOIVAR

ABRIL 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4
2. ALCANCE 6
3. LOCALIZACION DEL PROYECTO 7
4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA 8
   4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS 8
      4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD 8
      4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO 8
5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL 10
   5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO 10
   5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL 11
   5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX}) 12
   5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C) 12
   5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO 13
   5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA 14
   5.7. TRANSICION DE PERALTE 14
   5.8. RAMPA DE PERALTE 15
   5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION 17
      5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION 19
6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL 20
   6.1. TANGENTE VERTICAL 21
      6.1.1. PENDIENTE MINIMA 21
      6.1.2. PENDIENTE MAXIMA 21
      6.1.3. LONGITUD MINIMA 22

6.1.4. LONGITUD MAXIMA 22
6.2. CURVAS VERTICALES 22
6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES 23
6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL 24
7. DISEÑO TRANSVERSAL 25
7.1. ANCHO DE CALZADA 25
7.2. BERMA CUNETA 26
7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL 27
..... 27
7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO 27
8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA 27
8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA 28
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 29
10. BIBLIOGRAFIA 31
11. ANEXOS 32

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto. Este informe se centra en el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Es necesario aclarar que el insumo principal para el diseño geométrico de la vía es la topografía, el cual fue realizado por la presente consultoría. A continuación, se hace un breve resumen que describe en términos generales el contenido y los parámetros de diseños empleados.

En el numeral 2 se realiza una descripción del alcance del estudio en el proyecto de estudios y diseños.

En el numeral 3 se hace una breve descripción sobre la localización del proyecto, así como las características de la vía en estudio.

En el numeral 4, se realiza una breve descripción de los parámetros de control para la caracterización de una vía para lo cual se tienen dos parámetros relevantes: caracterización en función del terreno, donde es de gran importancia el levantamiento topográfico para identificar las pendientes longitudinales y transversales de la vía y caracterización en función de la funcionalidad de la vía.

En el numeral 5, de describen los parámetros horizontales que se tuvieron en cuenta para el diseño horizontal, donde se observan los elementos de cada curva, todo en función de las recomendaciones del manual de diseño geométrico del INVIAS, además se ofrecen los criterios para la selección de los elementos geométricos en planta.

En el numeral 6, se realiza el diseño geométrico vertical, donde se calculan las pendientes mínimas, longitudes de las curvas y parámetro K (Control de visibilidad de parada). Es necesario aclarar que el diseño geométrico vertical se ajusta según las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS.

En el numeral 7 se describen los principales elementos de la sección transversal como lo son el ancho y la inclinación transversal. En el numeral 8 se aprecian las características de diseño de la vía las cuales deben estar relacionados para garantizar que la carretera sea funcional y opere de madera segura, adicional a eso se contemplan memorias de cálculo de los elementos geométricos los cuales fueron verificados en el Programa TOPO3 el cual contiene las normas de diseño colombianas.

Por último, en el numeral 9 se consignan una serie de recomendaciones las cuales deben respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la geometría de la vía, también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de diseño a emplear.

2. ALCANCE

Este documento tiene como alcance realizar el diseño de la vía en estudio tomando los parámetros del manual de diseño geométrico de Invias del año 2008, en el cual se basó para la realización del diseño.

3. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Los tramos viales a intervenir se encuentran localizados en el Municipio de BUENAVISTA más exactamente en la vereda AGUADITAS en las siguientes coordenadas:

Tramo No 1	
Coordenada Norte	**Coordenada Oeste**
8°14'11''N	74°43'25''O



Figura No 1. Localización de la vía a intervenir (Fuente Google Maps)

4. CARACTERISTICAS DE LA VÍA

Para conocer las características actuales de la vía es necesario tener claro algunos conceptos que se presentan a continuación:

4.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

Teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del instituto nacional de vías, las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno:

4.1.1. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

- **Primarias**

Son aquellas carreteras troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen una función básica de integración. Este tipo de carreteras generalmente son de doble calzadas.

- **Secundarias**

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

- **Terciarias**

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí, la vía de este estudio se clasifica dentro de este ítem.

4.1.2. SEGÚN TIPO DE TERRENO

- **Plano.**

Son carreteras en donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento, y su pendiente transversal al eje de la vía es menor a 5 grados. Presenta un movimiento de tierra mínimo durante su construcción.

- **Ondulado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento. Esta Vía se encuentra en este tipo de terreno.

- **Montañoso**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento.

- **Escarpado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento.

5. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, se denomina velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR), esta velocidad se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía. En la figura 2 se puede ver las velocidades de diseño en función de la categoría de la carretera y del tipo de terreno.

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

Figura No 2. *Valores de Velocidad de Tramos Homogéneos en Función de la Categoría de la Carretera y el Tipo de Terreno (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Si bien es cierto que el carreteable está definido como una vía terciaria, que presenta pendientes entre el 6 – 13% clasificándose como terreno ondulado, si bien es cierto que según la figura No 2 la velocidad del tramo homogéneo para un tramo de dichas características de 30 Km/h, pero al considerar que la vía en cuestión es una estructura vial tipo placa huella, se tomo en consideración reducir dicha velocidad a 20 Km/h, con el fin de garantizar la transitabilidad en el tramo vial.

5.2. VELOCIDAD ESPECIFICA DE CURVA HORIZONTAL

Para asignar la velocidad de curva horizontal (VCH) a las curvas horizontales incluidas en el tramo homogéneo en estudio se consideran los siguientes parámetros:

- La velocidad de diseño del Tramo homogéneo (VTR) que se encuentra en la curva horizontal
- El sentido que el vehículo recorre la carretera
- La velocidad especifica asignada a la curva horizontal anterior
- La longitud del segmento recto anterior.
- La deflexión de la curva analizada

Dentro de los criterios para la asignación de la velocidad especifica de la curva horizontal se establecen los siguientes:

1. La Velocidad Especifica de una curva horizontal (V_{CH}) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo ($V_{CH} \geq V_{TR}$) ni superior a está en veinte kilómetros por hora ($V_{CH} \leq V_{TR}+20$).
2. La velocidad Especifica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Especifica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento recto anterior.

5.3. FRICCION TRANSVERSAL MAXIMA (F_{TMAX})

Este valor depende de numerosos factores, entre los cuales están: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios de la AASTHO.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Figura No 3. *Coeficiente de Fricción Transversal Máxima (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

5.4. RADIO DE CURVATURA MAXIMA (R_C)

El radio mínimo (RC mín.) es el valor límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fTmáx) Ver figura 6. El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones, adicional por condiciones de seguridad y por la geometría horizontal de la vía utilizamos un peralte máximo de 6.00%. El cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{V_{CH}^{\ 2}}{127\,(e + f_t)}$$

$$e = \frac{V_{CH}^{\ 2}}{127\,R_c} - f_t$$

Donde:

R_C: Radio de Curvatura

V_{CH}: Velocidad Especifica con que se diseña la curva (Km/h)

e: Peralte de la calzada de la curva (m/m)

f_T: Coeficiente de fricción lateral

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

Figura No 4. *Radios Mínimas para peralte máximo del 6% (Fuente. Manual de Diseño Geométrico Invias)*

Según la Figura No 4 para una velocidad especifica de 20 Km/h se considera un radio mínimo de curvatura de 15 metros, tomando un valor recomendado según la norma de un peralte máximo de 8%, para vías primarias y secundarias.

Luego de meter estos datos al programa TOPO3, para cada uno de los tramos diseñados, los cuales se encuentran en los anexos se muestran los resultados obtenidos del alineamiento horizontal. Cabe anotar que con el fin de reorientar el eje existente con el eje de la vía se tuvieron que realizar PQ (PI sin Curva), debido a las características irregulares que presento la topografía de la vía.

5.5. ELEMENTOS CALCULADOS DEL ALINEAMIENTO

Considerando los parámetros mencionados en los numerales anteriores se realiza el diseño geométrico de la vía para la cual se calculan los diferentes elementos geométricos de diseño; adicional con el radio calculado y la velocidad específica se determina el peralte en función de las dos variables mencionadas. En los anexos se presentan los resultados obtenidos de los elementos geométricos de las curvas circulares para cada uno de los tramos diseñados.

5.6. SELECCIÓN DEL PERALTE MAXIMO EN FUNCION DEL PERALTE SELECCIONADO Y LA VELOCIDAD ESPECIFICA

Una vez asignada la Velocidad Especifica (VCH) a cada curva horizontal y con el Radio de Curvatura elegido (Rc), que es el que permite ajustar de la mejor manera la trayectoria de la curva a la topografía del terreno, es necesario asignar el peralte que debe tener la curva para que con su Radio (Rc) permita que los vehículos puedan circular con plena seguridad a la velocidad especifica (VCH).

En la figura 5 se presenta el valor del peralte en función de la VCH y el Rc para Vías terciarias para el peralte máximo que se tomó del 6%

e (%)	V_{ch} = 20 km/h R (m)	V_{ch} = 30 km/h R (m)	V_{ch} = 40 km/h R (m)	V_{ch} = 50 km/h R (m)	V_{ch} = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	63	133	239	364	511
3.6	56	113	208	329	465
3.8	49	96	177	294	422
4.0	43	82	155	261	380
4.2	38	72	136	234	343
4.4	33	63	121	210	311
4.6	29	56	108	190	283
4.8	25	50	97	172	258
5.0	22	45	88	156	235
5.2	19	40	79	142	214
5.4	17	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	178
5.8	13	28	56	102	158
6.0	12	21	43	79	123

Figura No 5. *Radios Rc Según Velocidad Especifica (VCH) y Peraltes. (Fuente. Manual DGI)*

5.7. TRANSICION DE PERALTE

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal,

hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales:

- La distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento.
- La distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular. La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN \times L}{e_f}$$

Donde:

- L_t: Longitud Total de Transición (m)
- L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto donde el peralte total en la curva circular (m)
- N: Aplanamiento (m)
- BN: Bombeo Normal (%)
- e_f: Peralte Total, en Porcentaje (%)

5.8. RAMPA DE PERALTE

Se define como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de esta, y se determina por:

$$\Delta s = e \times \left(\frac{e_f - e_i}{L}\right)$$

Donde:

Δs: Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, en porcentaje (%)

L: Longitud de Transición, L= Lt-N, en metros

e_f: Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, en porcentaje (%)

e_i: Peralte al iniciar el tramo de transición, en porcentaje (%)

a: Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, en metros

Estos valores de la inclinación de la rampa garantizan no solamente la comodidad de la marcha de los vehículos, sino una adecuada apariencia de la carretera y cualquiera que sea el sistema seguido para conformar el peralte total, no deben ser excedidos. La figura 6 presenta valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peralte.

Se adoptan valores sugeridos por la AASHTO – 2004 para la pendiente relativa de la rampa de peraltes para las velocidades comprendida entre (60 - 120 km/h). Para las velocidades entre veinte a cincuenta kilómetros por hora (20 - 50 km/h) se adoptan valores ajustados a las necesidades de las carreteras secundarias y terciarias donde el espacio para realizar la transición de peraltado es muy limitado.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	

Figura No 6. *Valores Máximos y Mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes (Fuente. Manual DGI)*

La siguiente ilustración muestra el desarrollo de peralte a emplear, rotando la calzada desde el eje de la vía.

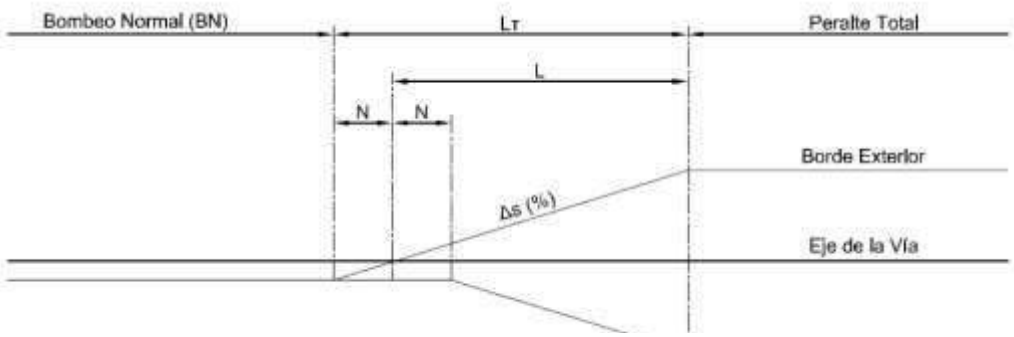


Figura No 7. *Desarrollo del Peralte. Fuente MDG Invias*

5.9. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION

La longitud de la transición (L) se calculó de acuerdo con la relación indicada en la rampa de peralte de donde se puede obtener el valor de la longitud de la transición (L) en función

de la inclinación relativa de la rampa de peraltes (Δs), del ancho de calzada que gira (a) y los cambios de peralte (ef, ei) variables ya definidas, por lo tanto, la expresión de cálculo es:

$$L = \square \times \square_w \times \left(\frac{\square_f - \square_i}{\Delta_\square}\right)$$

También:

$$\square = \square \times$$

$$n$$

Donde:

L: Longitud de transición, en metros

ef-ei: Cambio de peralte, en porcentaje

a: Ancho de la calzada que gira, en metros

bw: Factor de ajuste debido al número de carriles que giran

Δs: Inclinación relativa de la rampa de peraltes

W: Ancho de carril, en metros

N; Número de Carriles que giran

El valor del ancho de calzada que gira (a) es igual al ancho de los carriles que giran. Cuando el número de carriles que rotan es mayor que uno (1) es conveniente el uso de un factor de ajuste (b_w) para evitar una excesiva longitud de transición y desniveles muy altos entre el borde exterior y el eje de giro. En la figura 8 se indican los factores de ajuste (AASHTO - 2004) y en la figura 9 los bosquejos que indican los carriles que giran respecto a su eje de giro.

NÚMERO DE CARRILES QUE GIRAN (n)	FACTOR DE AJUSTE (b_w)	INCREMENTO EN LOS CARRILES DE GIRO RESPECTO A UN CARRIL GIRADO
1.0	1.00	1.00
1.5	0.83	1.25
2.0	0.75	1.50
2.5	0.70	1.75
3.0	0.67	2.00
3.5	0.64	2.25

Figura No 8. *Factor de ajuste para el número de carriles girados*

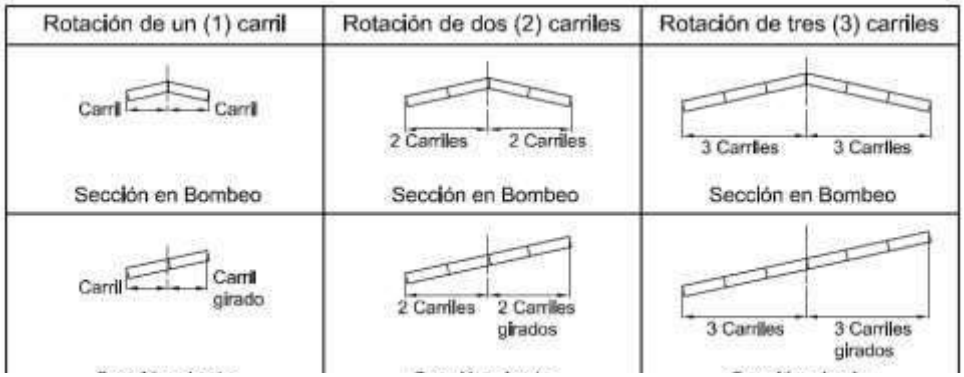


Figura No 9. *Disposición de los carriles que giran respecto a su eje de rotación*

5.9.1. CALCULO LONGITUD DE TRANSICION

a. Entretangencia Mínima

- **Para Curvas de Distinto Sentido**. Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrido en un tiempo de 5 segundos a la menos de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.
- **Para Curvas de Mismo Sentido.** Para curvas circulares especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo de quince segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal

En los anexos, se presentan los cálculos obtenidos del peralte y de la transición del peraltado obtenidos por el programa Topo3.

b. Entretangencia Máxima

Se deben acondicionar entretangencia suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (Da), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del

diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) expresada en kilómetros por hora (km/h). Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.

c. Longitud Mínima de la Curva Circular

Para ángulos de deflexión entre tangentes menores o iguales a seis grados (6°), en el caso de que no se puedan evitar, se realizará la unión de estas, mediante una curva circular simple de tal forma que se cumplan los criterios indicados en la figura 10. La aplicación de estos criterios define la longitud mínima de las curvas circulares puesto que evita diseñar curvas circulares con longitudes demasiado cortas que generan una defectuosa apariencia de la vía y producen la sensación de quiebre forzado entre dos alineamientos rectos

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Figura No 10. *Radios para Pequeñas Deflexiones entre Alineamientos*

6. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas depende principalmente de la topografía de la zona del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

6.1. TANGENTE VERTICAL

6.1.1. PENDIENTE MINIMA

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de 0.5% como pendiente mínima deseable y 0.3% para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

6.1.2. PENDIENTE MAXIMA

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. En las vías terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre 20 y 60 Km/h, en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Para la selección de la pendiente máxima, es necesario adoptar la pendiente máxima del corredor, la cual debe estar en consonancia con la velocidad de diseño del tramo homogéneo en la figura 11 se presentan los valores correspondientes.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

Figura No 11. *Pendiente Media Máxima del Corredor de Ruta (%) en Función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo* **(V_{TR})**

6.1.3. LONGITUD MINIMA

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Especifica menor o igual a 40 Km/h, será equivalente a la distancia recorrida en 7 segundos a dicha velocidad, medida como proyección horizontal de PIV a PIV. En la figura 12 se presentan los valores para diferentes velocidades específicas de la tangente vertical (V_{TV})

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Figura No 12. *Longitud Mínima de la Tangente Vertical*

6.1.4. LONGITUD MAXIMA

- **Longitud crítica de la tangente vertical**. La longitud critica de la tangente vertical se define como la máxima longitud en ascenso sobre la cual un camión puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado. Se considera que la longitud critica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de 25 Km/h con respecto a su velocidad medida de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

- **Pendiente de la Tangente Vertical siguiente a la de longitud crítica**. La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud critica, es del 1% en una longitud igual o mayor a la longitud critica anteriormente superada

6.2. CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe en el paso gradual

de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

Para el caso de este diseño se realizó en base al parámetro K y la longitud de transición de la curva vertical, de igual manera buscando la mejor acomodación del terreno y mejora de la visibilidad de parada. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima recomendada de acuerdo con la velocidad de diseño para cada sector.

En la figura No 13, se especifican los valores de K mínimos de acuerdo con el tipo de curva, la distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima según el criterio de operación, cabe anotar que estos datos se tomaron como referencia para el diseño del alineamiento vertical.

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

Figura No 13. *Valores de Kmín para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales*

6.2.1. TIPO DE CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la figura 14 se indican las curvas verticales cóncavas y convexas.

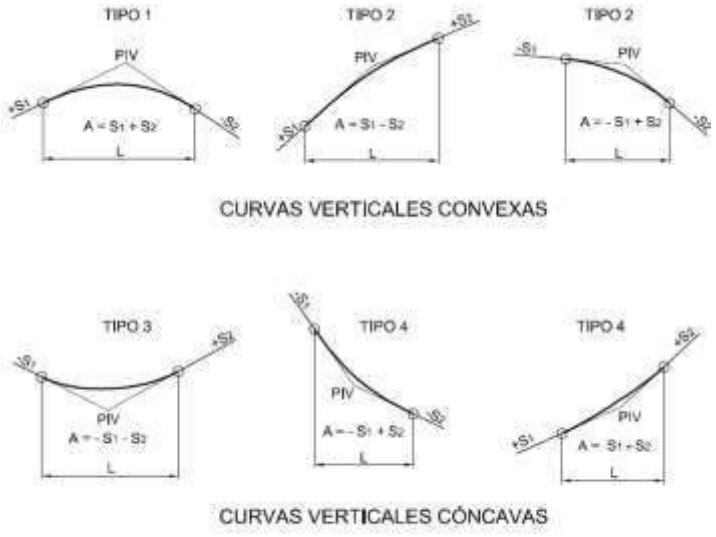


Figura No 14. *Tipos de Curvas Verticales Cóncavas y Convexas*

6.3. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA VERTICAL

Dentro de los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas:

- **Criterio de Seguridad.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (D_p). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a).
- **Criterio de Operación.** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de Drenaje.** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

Parámetro Visibilidad de Parada (K). La longitud de la curva es la relación del parámetro K con la sumatoria de las pendientes longitudinales, proceso de calculo que generalmente se realiza durante el proceso de cálculo con el software TOPO3, este es el método más usado para el cálculo de la longitud de la curva vertical.

En los anexos se muestran los elementos de las curvas verticales consideradas dentro del alineamiento diseñado considerando el cumplimiento de los diferentes criterios mencionados anteriormente

7. DISEÑO TRANSVERSAL

7.1. ANCHO DE CALZADA

El estudio debido a las características de la vía propone un ancho de calzada de 5.10 metros para todo el alineamiento, todo esto debido a que sobre el recorrido de la vía no se presta para aumentar el ancho de la calzada. Lo anterior, y sumado a la topografía de la vía obligo a realizar algunos cambios en el diseño con respecto al manual del Diseño de Invias.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la vía, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño de tramo homogéneo (VTR) (Instituto Nacional de Vías, 2008)

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

Figura No 14. *Ancho de Calzada en Metros*

Si bien es claro que en la figura anterior nos muestra que para los parámetros y el tipo de terreno para un valor de velocidad de tramo homogéneo para 20 Km/h, pero vale la pena anotar que las placa huellas del manual Colombia Rural tiene ancho de calzada promedio de 5 metros, y sobre esta base se realizo el diseño de esta estructura vial.

7.2. BERMA CUNETA

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 de ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura que permitiría la

filtración del agua que correría por la berma cuneta con el consecuente deterioro de la estructura vial.

7.3. BOMBEO NORMAL O INCLINACION TRANSVERSAL

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. En la figura 16 se presentan los valores correspondientes:

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

Figura No 16. *Bombeo de la Calzada*

Para este estudio y como la superficie de la vía es en pavimento en concreto hidráulico se decide usar un bombeo del 2% en toda la vía diseñada.

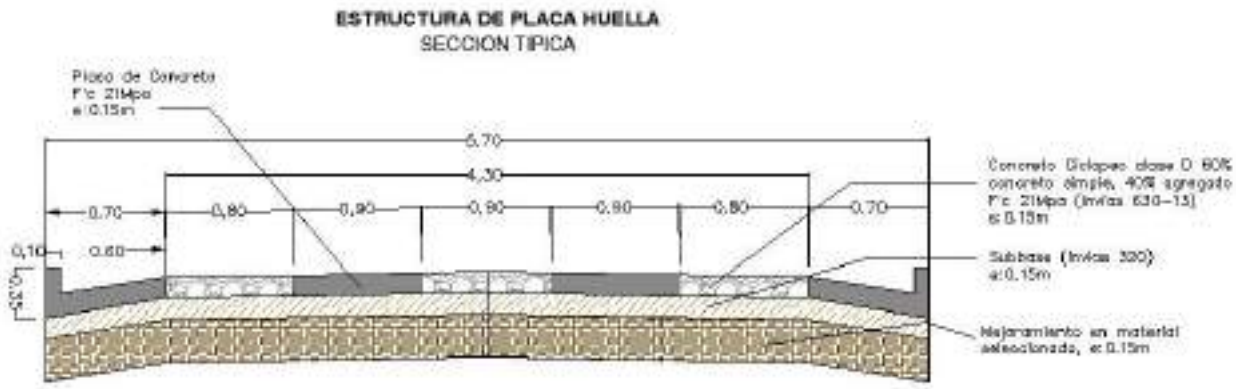
7.4. SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE DISEÑO

8. CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA

La vía se localiza en terreno ondulado con un ancho de calzada de 5.10 m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 20 km/h, se recomienda instalar

Figura No 17. *Sección Transversal Típica Pavimento Vía Diseñada*

señalizaciones verticales en ambos extremos de la estructura vial con el fin de evitar accidentes.



8.1. CARACTERISTICAS PROPUESTAS DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍA

Longitud	200ML
No de Corredores	1
Tipo de Terreno	Ondulado
Velocidad de Diseño	20 km/h
Ancho de Calzada	5.1 metros
Bombeo Normal	-2%
Emax	6%

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 20 Km/h, ajustando el diseño al manual de diseño geométrico de INVIAS, en algunos casos se ajustó a las condiciones actuales de la vía.

- Se adoptó un ancho de calzada de 5.1 metros para todo el diseño de la vía, de acuerdo a los parámetros establecidos en la Cartillas de Obras Menores del Instituto Nacional de Vías
- Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.
- Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

- Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2.0% para los tramos homogéneos y rectos de las vías, en los tramos con curvas horizontales se tuvo en cuenta el peralte máximo de 6.0% contemplado en el manual de INVIAS que permiten mejorar la movilidad de los usuarios, contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.
- El diseño de esta vía se hizo bajo la premisa de un vehículo de diseño C2G (Camión de dos Ejes Grande), esto luego de verificar los informes de tránsito y de diseño de la estructura vial realizados.
- Por ultimo vale anotar que las cantidades de la estructura presentada corresponde al levantamiento topográfico realizado el cual presenta un

total de 200 metros lineales, es decir, que se debe realizar el respectivo balance con el fin de revisar cual es el alcance real del proyecto de acuerdo con el presupuesto otorgado.



NELSON MOLINARES DORIA
Ing. Civil
Especialista en Vías Terrestres
M.P. 081037-0583064 COR

10. BIBLIOGRAFIA

- Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico 2008*.

11. ANEXOS

- INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE
- CANTIDADES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
- INFORMES SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL
- PLANOS PLANTA – PERFIL
- PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES
- PLANOS SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL

INFORMES ALINEAMIENTO HORIZONTAL, VERTICAL, VOLUMENES Y COORDENADAS DEL EJE

VERTICAL

PIV	Longitud (m)			Pendiente (%		A	Tipo de	Abscisa, Cota (m)			Externa	Abscisa	Cota Míni	Abscisa	Cota Má	K	
#	Entrad	Salida	Estado	Entrad	Salida	%	Curva	PCV	PIV	PTV	m	m	m	m	m	Entrada	Salida
0									-0.058,63.795								
1	36	36	Posible	-3,73	-2,51	1,22	Concava	10.974,63.384	46.974,62.043	82.974,61.142	0,11					59,033	59,033
2	20	20	Posible	-2,51	-5,23	-2,72	Convexa	86.027,61.065	106.027,60.564	126.027,59.518	-0,136					14,687	14,687
3	11	11	Posible	-5,23	-5,91	-0,68	Convexa	139.183,58.831	150.183,58.255	161.183,57.606	-0,019					32,396	32,396
4	16	16	Posible	-5,91	-0,5	5,412	Concava	182.674,56.336	198.674,55.391	214.674,55.312	0,216					5,913	5,913
5									262.683,55.074								

HORIZONTAL

PI#					Coordenadas		Abscisas				Longit	Tange		Radio	DeltaC	Longit	Espiral de Entrada						
	Tipo		Po	Sentid	PI	Delta	PC-TE	EC-EC1	CE-CE1	PT-ET	Total	Entrada					Le	Ae	TetaE	Xe	Ye	Xm	
	PI	Curva	(S/	I/D	N,E (m)	g,m,s,ID	m	m	m	m	m	m	m		g,m,s	m	m	m	g,m,s	m	m	m	
K0+000					1405782.103, 853640.326																		
1	Norma	C	S	D	1405800.81	22,56,22	42,574			165,89	123,3	62,49	308		22,56,2	123,3							
PQ-2	Norma	Sin Cu	S	D	1405774.71	5,8,21 D	222,32																
K0+262.683					1405762.359, 853898.167																		

CANTIDADES ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Tipo	Abscisa	Longitud	Materiales Estructura (m3)					Costos	
Punto	m	m	[4] Subba	[5] Concre	[6] Concre	[7] Rellen	[9] Piedra	Seccion	(millones)
	0								
		10	9,226	3,798	2,7	0,006	4,8		
	10								
		10	9,226	3,798	2,7	0,005	4,8		
	20								
		10	9,226	3,798	2,7	0,007	4,8		
	30								
		10	9,226	3,798	2,7	0,008	4,8		
	40								
		2,574	2,375	0,978	0,695	0,001	1,236		
PC	42,574								
		2,426	2,238	0,921	0,655	0,001	1,164		
	45								
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4		
	50								
		5	4,613	1,899	1,35	0,004	2,4		
	55								
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4		
	60								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	65								
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4		
	70								
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4		
	75								
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4		
	80								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	85								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	90								
		5	4,613	1,899	1,35	0,003	2,4		
	95								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	100								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	105								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	110								
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4		
	115								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	120								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	125								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	130								
		5	4,613	1,899	1,35	0,005	2,4		
	135								
		5	4,613	1,899	1,35	0,002	2,4		
	140								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	145								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	150								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	155								
		5	4,613	1,899	1,35	0,001	2,4		
	160								
		5	4,613	1,899	1,35		2,4		
	165								
		0,887	0,819	0,337	0,24		0,426		
PT	165,887								
		4,113	3,795	1,562	1,11		1,974		

	170								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	180								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	190								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	200								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	210								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	220								
		2,318	2,138	0,88	0,626		1,112		
PQ	222,318								
		7,682	7,088	2,918	2,074		3,688		
	230								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	240								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	250								
		10	9,226	3,798	2,7		4,8		
	260								
		2,683	2,475	1,019	0,724		1,288		
	262,683								
		0							
Totales	Totales	Totales Volú	242,356	99,758	70,924	0,068	126,088		
Costos T	Costos T	Costos Totales (millones) :							

CORREGIMIENTO DE VILLAFLOR

DISEÑO DE ESTRUCTURA PLACA HUELLA

"AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DER BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL."



MAYO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO 4

3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE 5

4. OBJETIVOS 6

4.1 Objetivo general 6

4.2 Objetivos específicos 6

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7

6. METODOLOGIA 10

7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA 11

7.1 Periodo y Transito de Diseño 11

7.2 Descripción del Modelo 11

7.3 Determinación de la Carga Aplicada a la Placa Huella 12

7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas 13

7.3.2 Vehículo de Diseño 14

7.3.3 Carga por Peso Propio 16

7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella 17

7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño 17

7.4.2. Criterio del instituto del asfalto 18

7.4.3. Criterio de Promedio 20

7.4.4. Análisis CBR de diseño 22

7.5. Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente. 22

7.5 Resultados de la Evaluación del Modelo del Pavimento en Placa Huella 28

7.5.1 Diseño de Viga Riostra 33

7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta 35

7.6 Juntas 36

7.6.1 Junta Transversal 37

7.6.2 Junta Longitudinal 39

8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA 39

8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra 40

Características de los materiales 41

8.2 Concreto Ciclópeo 42

Características de los materiales 43

8.3 Acero 44

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45

GEOTECNOLOGÍA S.A.S
ingeniería y control

1. INTRODUCCION

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto geométrica como estructuralmente las vías de un proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en calcular y dimensionar la estructura de placa huella. Además, Se consignan una serie de recomendaciones constructivas las cuales se aconseja respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la estructura de diseño y una alta precisión de las cantidades de obra durante la ejecución del proyecto. Así como también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de estructura a emplear.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto busca obtener la mejor configuración de la estructura del pavimento tipo placa huella que será construido en la vía rural San Alberto - MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR departamento de Bolívar, El pavimento con Placa-huella constituye 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.

En el presente estudio se analizó el comportamiento de los pavimentos de placa huella con losas continuamente reforzadas, el análisis se realiza mediante un modelo de elementos finitos para evaluar la respuesta de la placa huella a las cargas críticas del tránsito, con diferentes calidades de apoyo para determinar la respuesta de las placas y proponer diseños que se ajusten a las condiciones de uso nacionales, todo esto basado en lo establecido Resolución 04401 de 2017 – “Guía de Diseño de

Pavimentos con Placa Huella".

3. CODIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

RES. 04401 DE 2017	Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella.
NTC-2289	Barras Corrugadas y Lisas de Acero, para refuerzo de
concreto. NSR-10	Norma Colombiana de Construcciones Sismo Resistentes.
CCP-14	Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- ✓ Realizar el diseño estructural para la vía rural San Alberto - MUNICIPIO DE SANTA ROSA en pavimento tipo Placa Huella.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Dimensionar los elementos que componen el tipo de pavimento Placa Huella.
- ✓ Presentar recomendaciones técnicas para la construcción del proyecto.

GEOTECNOLOGÍA S.A.S
ingeniería y control

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Santa Rosa del Sur es un municipio de Colombia, ubicado al norte del país, en el departamento de Bolívar, a 720 km de Cartagena de Indias, la capital departamental. Se encuentra enclavada en el sistema orográfico de la Serranía de San Lucas, en la Subregión del Medio. Está ubicado estratégicamente en el Sur de Bolívar, La geografía del territorio municipal se caracteriza por ser una zona montañosa, debido a que se encuentra en la porción final de la cordillera central, en las inmediaciones de la serranía de San Lucas.

La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 600 msnm, la municipalidad se encuentra entre los 50 y los 2000 msnm. Esta región es privilegiada pues se encuentra equidistante y estratégicamente ubicada cerca de los grandes centros poblacionales, comerciales e industriales del interior del país, cuenta con un clima templado-cálido y abundantes fuentes hídricas lo que facilita el asentamiento urbano. Su posición geográfica es 7° 57' 48" de Latitud Norte y 74° 3' 12" de longitud



Figura 1. Localización General de la zona.

La zona de trabajo del proyecto "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DER BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL." es una vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda San Alberto, Corregimiento de Villa flor, ubicado al Sur-Oeste zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur (Bolívar), en el cual se presenta una topografía fuertemente ondulada. a una altitud promedio de 1070.00 msnm.

A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de la vía en el municipio.

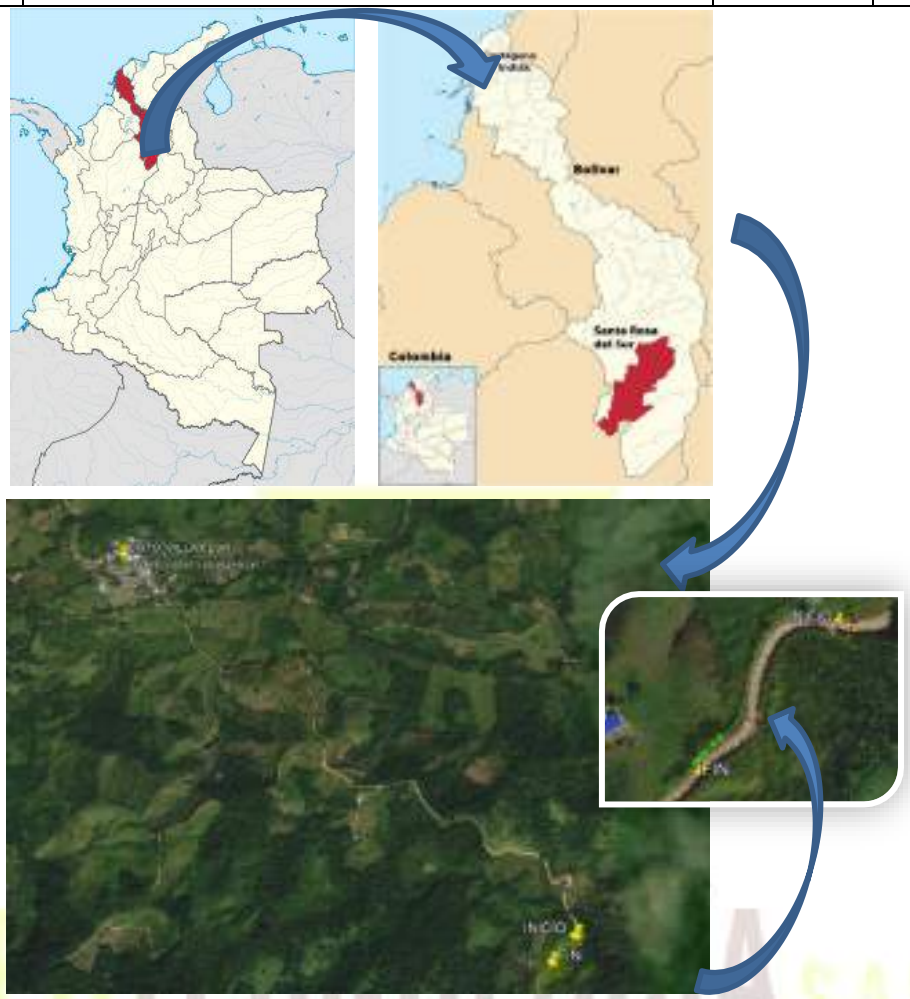


Figura 2. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía San Alberto, Corregimiento de Villa flor	3.6	0.7	120

6. METODOLOGIA

El presente estudio tiene como objetivo la aplicación del diseño de placa huella expuesto en la resolución 04401 de 2017, que servir de base para el desarrollo de los estudios y diseño de la estructura de pavimento en placa huella, para el caso en estudio vía San Alberto, municipio de Santa Rosa, departamento de Bolívar

La metodología de diseño consistió en aplicar el Modelo de Elementos Finitos (FEM) para calcular los esfuerzos y deformaciones que se presentarían debido a la aplicación de las cargas vivas y muertas, tanto mayoradas como sin mayorar, en función de las exigencias de los códigos NSR-2010 y CCP-14, con los resultados obtenidos asociados a momentos, (M), cortantes (V), cargas (P), sea en placas o elementos viga o Beam (Frame), se procede a aplicar la Teoría de Resistencia I propuesta en el CCP-14, incluyendo la metodología de cálculo expuesta en dicho código para el diseño a momento y cortante.

Para El cálculo de los esfuerzos y deformaciones se llevó a cabo mediante elementos finitos tridimensionales, colocando la carga sobre la posición que genera el máximo esfuerzo de tensión en el concreto, la cual corresponde a la carga de borde en el centro longitudinal de la placa. Para el caso del eje tándem, la posición más crítica se presentó cuando uno de los ejes del tándem se ubica en el borde en el centro longitudinal de la placa. Con base en los resultados de la modelación se decidió evaluar placas-huellas en concreto simple de 0.90 m de ancho y 1.0 m de longitud, dimensiones que permiten controlar los esfuerzos máximos de tensión y el efecto del gradiente de temperatura.

7. DISEÑO ESTRUCTURAL PLACA HUELLA

7.1 Periodo y Transito de Diseño

En Para el presente estudio se considera las recomendaciones obtenidas en el estudio de tránsito con un periodo de diseño de 20 años, el cual se utilizará para todos los análisis pertinentes, periodo que debe coincidir con la vida útil del pavimento.

Para el horizonte de diseño y teniendo la tasa de crecimiento anual definida se estima un numero de ejes equivalentes de 8.2 t en 35.582.

7.2 Descripción del Modelo

La 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 2). El modelo consistió en 7 módulos de 3.0 metros 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.

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

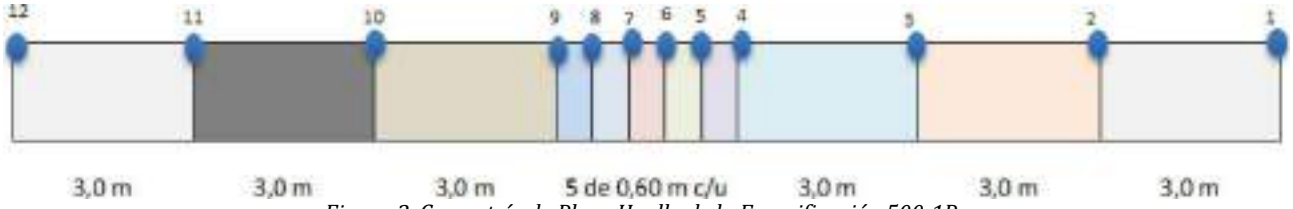


Figura 2. Geometría de Placa Huella de la Especificación 500-1P.

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.

7.3 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 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.

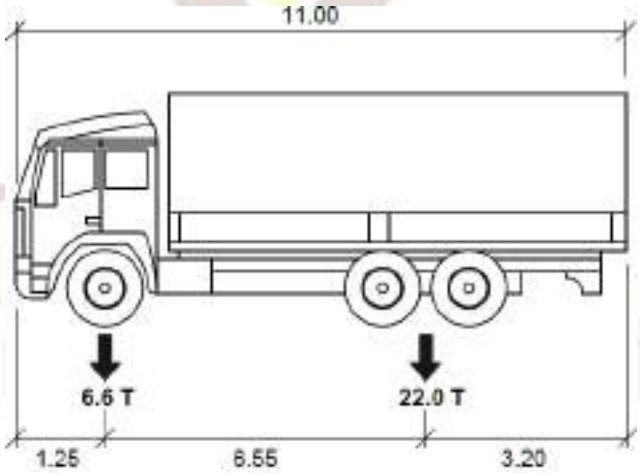
7.3.1 Factores de Mayoración de Cargas

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

7.3.2 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 (Figura 3). 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).

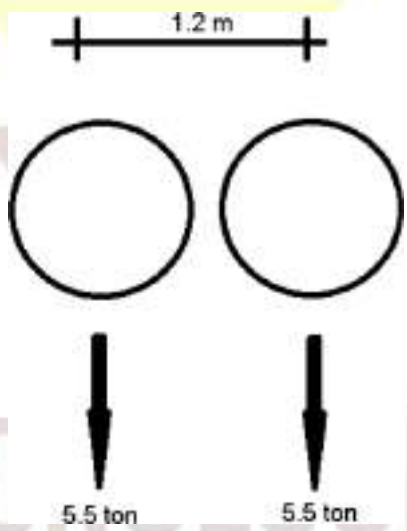


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 3. Vehículo de Diseño. Camión C-3.

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 4.

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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 4. Distribución de Carga en el Semieje Tándem del Camión C3.

7.3.3 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= Factor 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, 30 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 1,9 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.

- **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

7.4 Caracterización del Soporte de la Placa Huella

Partiendo de las recomendaciones hechas en el estudio de suelos realizado por la empresa Geotecnología Ingeniería y control s.a.s., que recomienda para la construcción de la placa huella, el CBR de diseño será igual a 3,55% Como se expresa a continuación.

RESUMEN CBR				
APIQUE	**PROFUNDIDAD m**	**HUMEDAD DEL ESTRATO %**	**CBR NATURAL**	**CBR SUMERGIDO**
1	0,30m-0,80m	15.10%	10.14%	1.04%
	0,80m-1,10m	15.50%		
	1,10m-1,50m	9.60%		
2	0,30m-0,80m	14.10%	26.67%	8.74%
	0,80m-1,10m	14.30%		
	1,10m-1,50m	12.70%		

Fuente: Estudio de Suelos.

Tabla 2. Resultados CBR Vía.

7.4.1. Determinación del CBR de una unidad de diseño

El CBR de diseño obtenido será utilizado para los cálculos de pavimento rígido, las metodologías más utilizadas para la selección del CBR de diseño son las siguientes:

- Criterio del instituto del asfalto
- Criterio de la media.

7.4.2. Criterio del instituto del asfalto

Este método recomienda tomar un valor de tal manera que el 60%, 75% o el 87.5% de los valores individuales de CBR sea igual o mayor que el que se está tomando de referencia. El percentil se escoge según el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño, como se ilustra en la siguiente tabla:

NÚMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
≤ 104	60.0
104 – 106	75.0
≥ 106	87.5

Tabla 3. Percentiles para determinar el CBR de diseño

Fuente: Información tomada del libro Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras, Volumen I, del Señor Carlos Hernando Higuera Sandoval

El procedimiento para determinar el CBR de diseño es el siguiente:

- Calcular el número de repeticiones esperadas en el periodo de diseño.
- Ordenar de menor a mayor los resultados de los CBR y determinar en porcentaje los valores mayores o iguales a cada uno.
- Se realiza una gráfica de CBR vs porcentajes mayores o iguales de cada uno.
- Con el percentil escogido se intercepta la curva de la gráfica trazando una línea paralela desde el eje de las Y, en donde corte se baja perpendicularmente en la intersección al eje de las X.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DEL INSTITUTO DEL ASFÁLTO

ENSAYO No.	CBR (%)	NÚMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE DE VALORES IGUALES O MAYORES
1	1.04	2	100%
2	8.74	1	50%

Tabla 4. Porcentajes de valores de CBR mayores o iguales a cada uno.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior se obtiene la siguiente figura.

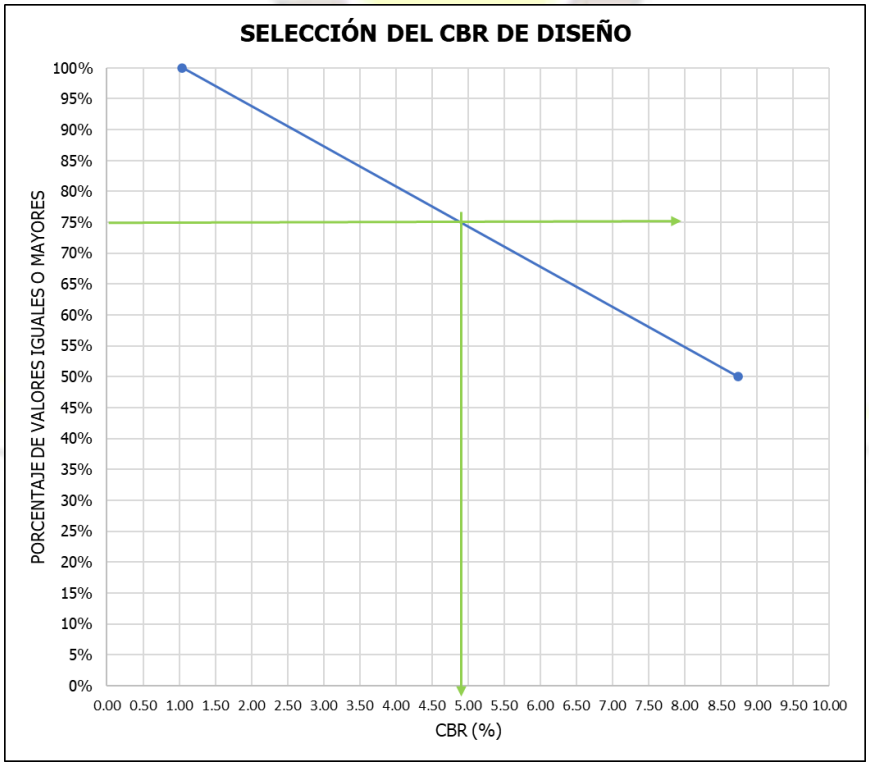


Figura 5. Selección del CBR de diseño, criterio Instituto del Asfalto.
Fuente: Elaboración propia.

Para un percentil del 75.0% el CBR de diseño es 4.95%

7.4.3. Criterio de Promedio

Este criterio consiste en determinar aquel valor en el cual la mitad de los valores quedan por debajo y la mitad por arriba del valor calculado. Al valor seleccionado se le disminuye la desviación estándar. El valor de la desviación estándar depende del nivel de confianza con que se realiza el diseño, como se muestra en la siguiente tabla.

NIVEL DE CONFIANZA (%)	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

Tabla 5. Desviación estándar para diferentes niveles de confianza.

Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño se determina con la siguiente expresión:

CBR Diseño = CBR Medio – (Z* Desviación estándar CBR)

Para un nivel de confianza del 85%, se obtuvo el siguiente valor de CBR de diseño.

- CBR DE DISEÑO

CBR CRITERIO DE LA MEDIA	
NIVEL DE CONFIANZA (%)	**DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)**
50	0.000
85	1.000
90	1.282
95	1.645
98	2.054

DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z)	1.00
DESVIACIÓN DE LOS VALORES DE CBR	2.75
PROMEDIO CBR	4.89
CBR DE DISEÑO	**2.14%**

Tabla 6. Determinación CBR de diseño criterio de la media.

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Análisis CBR de diseño

Realizando un análisis de los resultados obtenidos mediante las metodologías del criterio del instituto del asfalto y de la media se puede evidenciar que la diferencia entre los valores arrojados por cada una es mínima, por ende, cualquiera de los dos métodos es válido para determinar el CBR de la subrasante de una unidad de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos.

MÉTODO	CBR DE DISEÑO (%)
Instituto del asfalto	4.95%
Media	2.14%
Promedio	**3.55%**

Tabla 7. Comparación de los métodos para determinar el CBR de diseño
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, como valor de CBR de diseño se adopta el promedio de las dos metodologías. A continuación, se presenta una metodología para calcular CBR de diseño equivalente para cumplir la relación en función del espesor del material de mejoramiento y CBR del material de mejoramiento que en este caso sería el mínimo valor del CBR mínimo de 10%.

7.5. Metodología de Ivanov para calcular CBR de diseño equivalente.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones

actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla, debe tener un valor de CBR mínimo de 5% para subrasante y además debe cumplir con las especificaciones del artículo 311-13 de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es Mr=2555*(CBR0.64) *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)

E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)

E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2) n: Modulo ponderado de las capas

s: Espesor del material de mejoramiento (cm)

a: Radio del área cargada (cm)

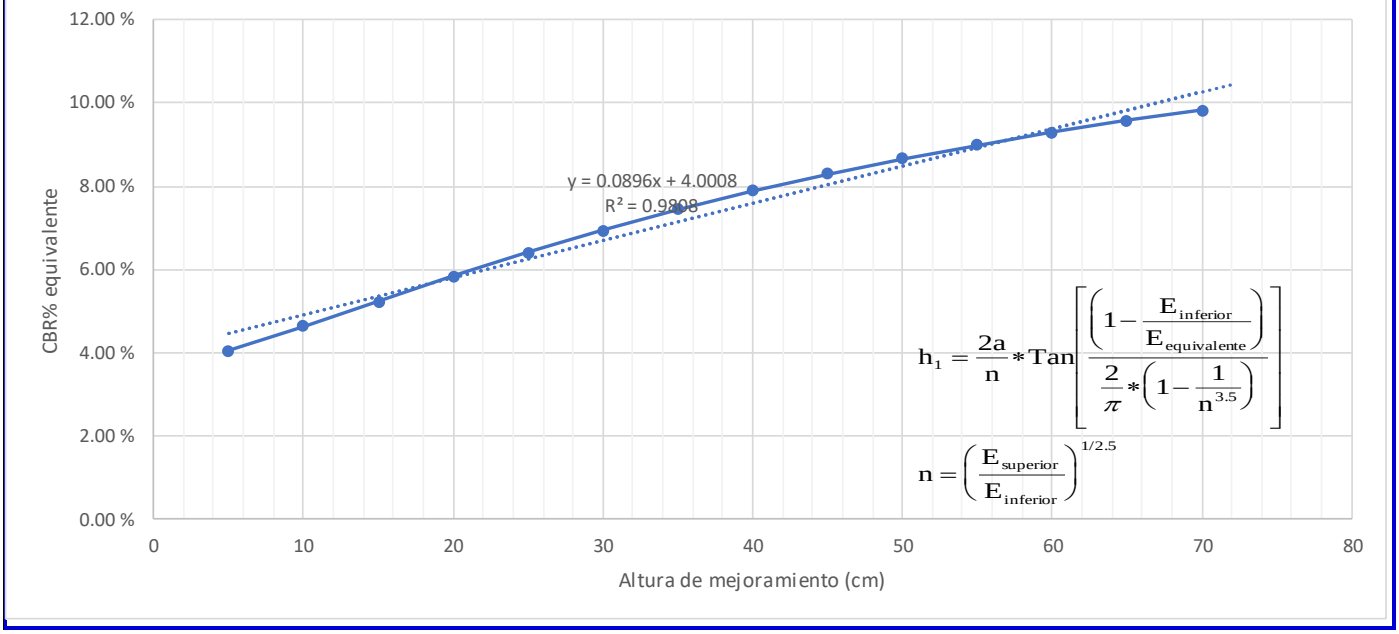
La ecuación permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia o CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 10%, de esta forma podemos conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la tabla siguiente se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

Metodolcgía Ivanov		
CBR Subrasante (%)	3,55	CBR suministrado estudio geotécnico
CBR Material de Afirmado (%)	10	CBR del material de remplazo
MR subrasante (Kg/cm2)	404,14	Módulos resilientes por correlación (MR=2555*CBR^0.64) *0.070307. Lister y Powell (1987)
MR SBG (Kg/cm2)	784,13	
n	1,3	Modulo ponderado de las Capas
2a (cm)	30,14	Radio del area cargada (15.07)
s (cm)	15	Espesor del material de mejoramiento
MR Equivalente (Kg/cm2)	517,89	Modulo resiliente equivalente (Ivanov)
MR Equivalente (PSI)	747280.23	
CBR de Diseño Equivalente (%)	5,23	CBR de diseño

De lo anterior se infiere que el mejoramiento que debe tener la estructura de la placa huella es de 15 cm para la unidad de diseño a lo largo de todos sus tramos viales, además de presentar un CBR de 10%.

CBR_{SBR}	$E_{interior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	5	439.88	4.05 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	10	478.7	4.63 %
3.55 %	***404.14***	***784.13***	***30.14***	***1.3***	***15***	***517.89***	***5.23 %***
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	20	555.32	5.83 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	25	589.81	6.41 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	30	620.94	6.94 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	35	648.72	7.44 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	40	673.43	7.88 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	45	695.39	8.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	50	714.95	8.66 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	55	732.42	8.99 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	60	748.07	9.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	65	762.17	9.57 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	70	774.9	9.82 %

RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE



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 subbase apoyada sobre la subrasante natural o mejorada, 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 subrasante (ecuación 1). Con base en la ecuación 1 y las correlaciones de la PCA entre el módulo resiliente y módulo de reacción de la subrasante se construyó la Tabla 3.

MR: 1500*(CBR%) *(Ecuación 1)*

Donde,

MR: Modulo resiliente de la subrasante en PSI

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante

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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 8. Correlación entre el Módulo de Reacción de la Subrasante 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 9, que considera el efecto sobre el módulo de reacción de una subbase sin tratar colocada sobre la subrasante.

K subrasante [kN/m^3]	Espesor de Subbase en (m)			
	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

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Tabla 9. Módulo de Reacción del Conjunto Subrasante - Subbase [kN/m3] (modificada de Huaung, 2004)

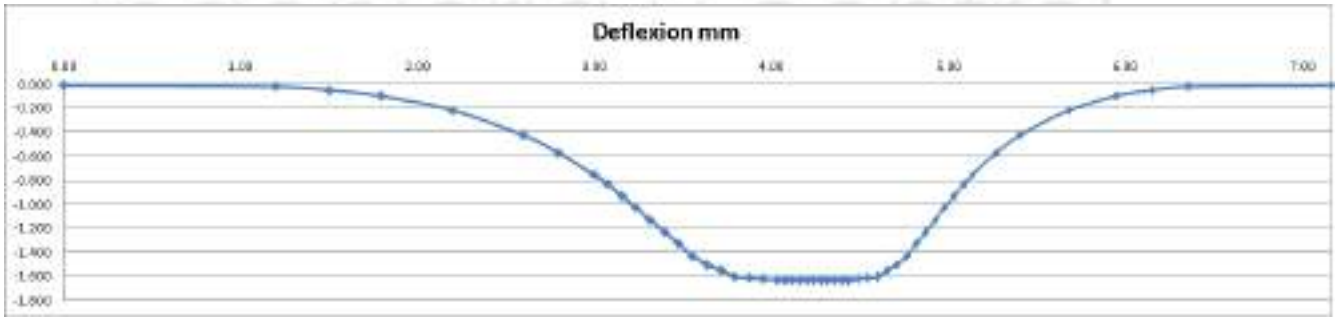
De acuerdo con lo anterior para una subrasante mejorada con un CBR de 5,23% y una subbase granular de 0.15 metros, el módulo de reacción del conjunto subrasante-subbase corresponde a 42,279.59 KN/m3.

7.5 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:

- Ancho de banda: 0.90 metros (ancho de la placa huella)
- Módulo de elasticidad del concreto: 2.1*106 kN/m2
- Módulo de reacción del soporte: 42,279.59 kN/m3
- Momento de inercia del cimiento: 2,53125*10^{-}4

En las Figuras 6 y 7 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.

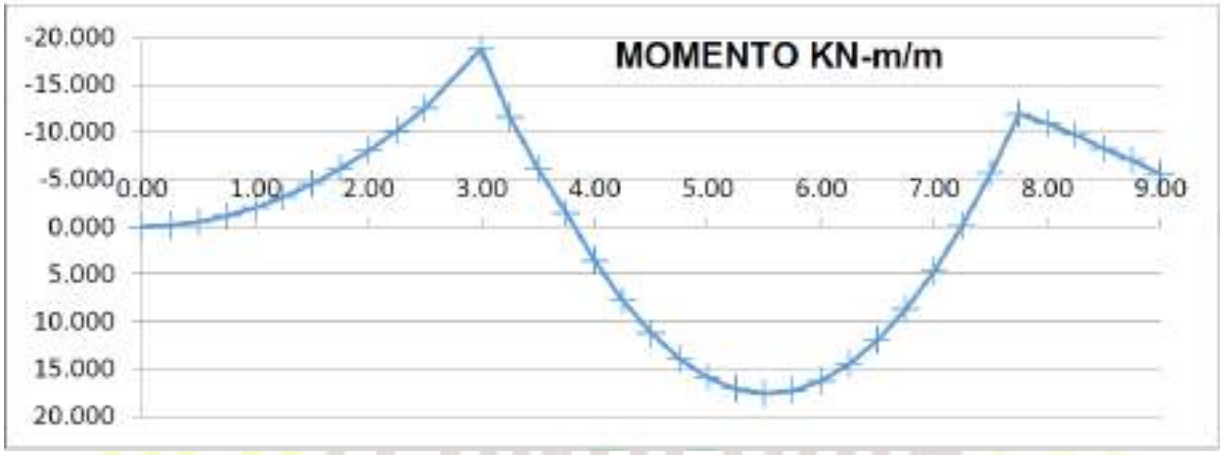


Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6. Deflexiones en la Placa Huella.

La Figura 7 muestra que el momento máximo que se presenta en la placa huella corresponde a 18.62 kN-m. Una placa huella de 0.15 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.



Fuente: Elaboración Propia.

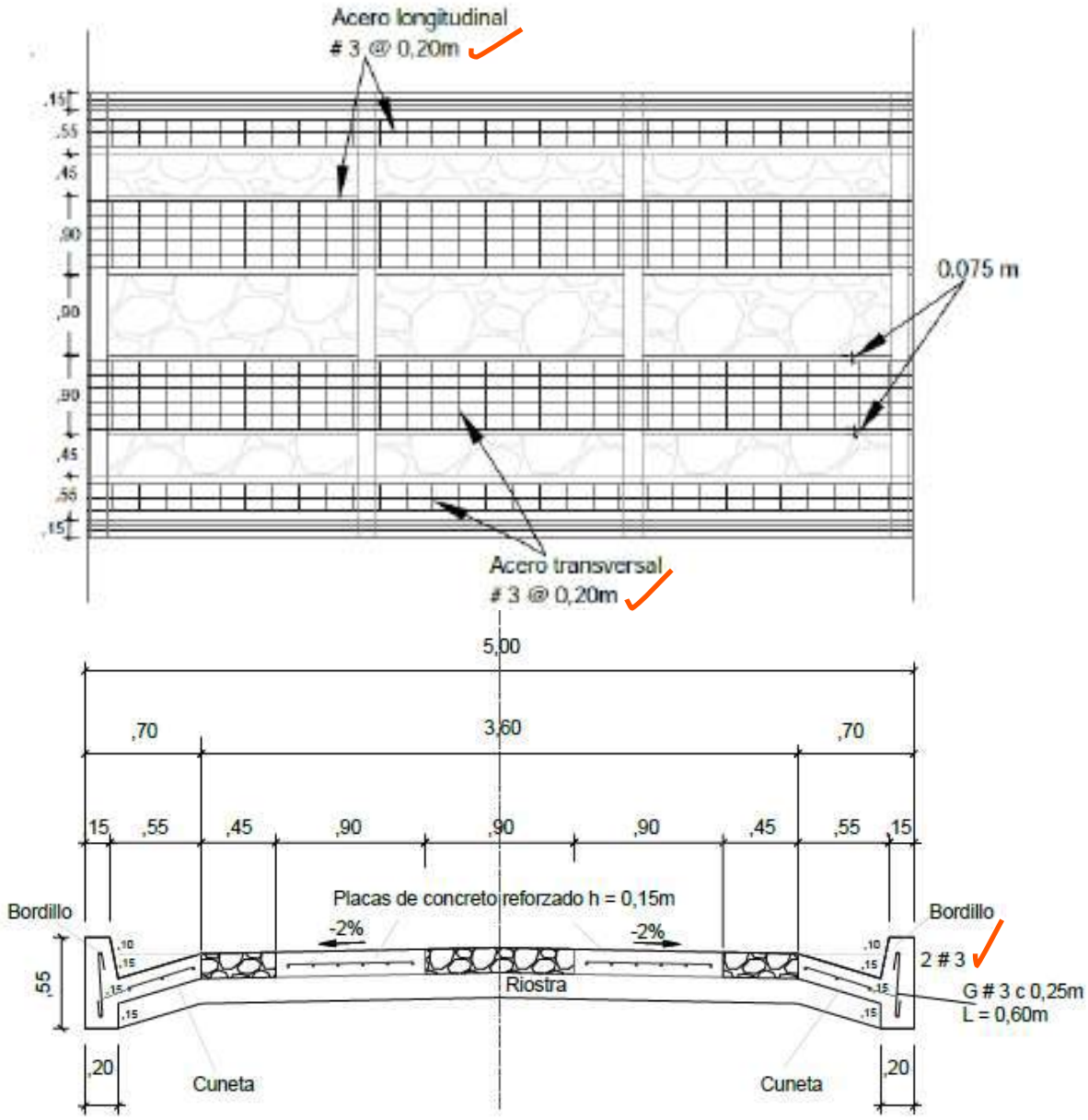
Figura 7. Momentos en la Placa Huella.

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

0.15 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.

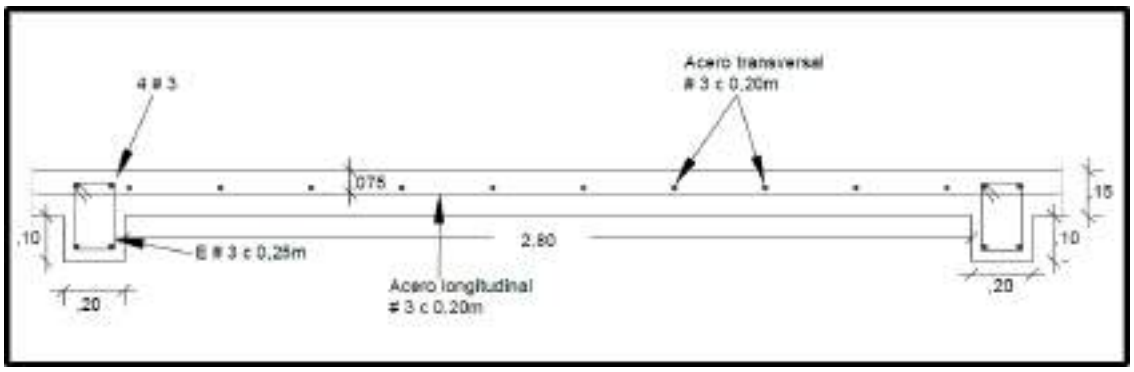
Con el fin de fijar el acero de refuerzo longitudinal se recomienda la colocación de acero transversal con barras # 3 cada 20 centímetros, con el propósito fijar el acero longitudinal, evitar desplazamientos durante la construcción y permitir una mejor distribución de esfuerzos transversalmente.

En caso de requerirse placas huellas con ancho superior a los 90 cm, por ejemplo, en los sobre anchos de la curvas, se debe conservar el mismo acero de refuerzo, con igual distribución que en las placa huellas de 0.90 metros 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.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 9. Corte Transversal – Placa Huella.

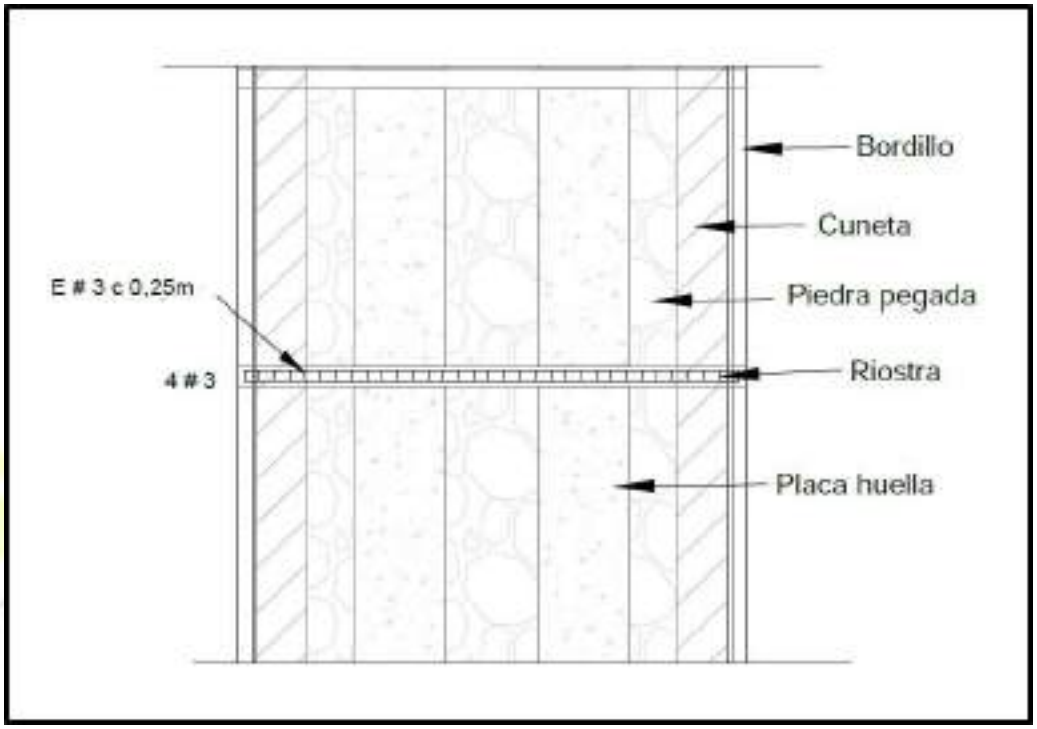


Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 10. Corte Longitudinal - Placa Huella.

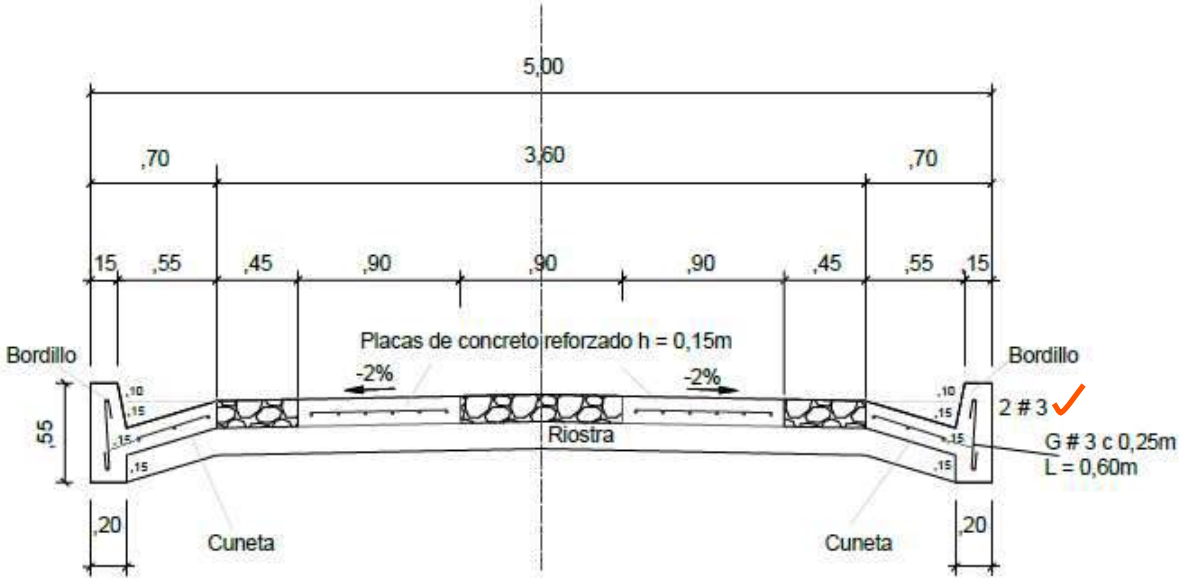
7.5.1 Diseño de Viga Riostra

Las riostras son elementos cuya función es confinar la subbase 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.



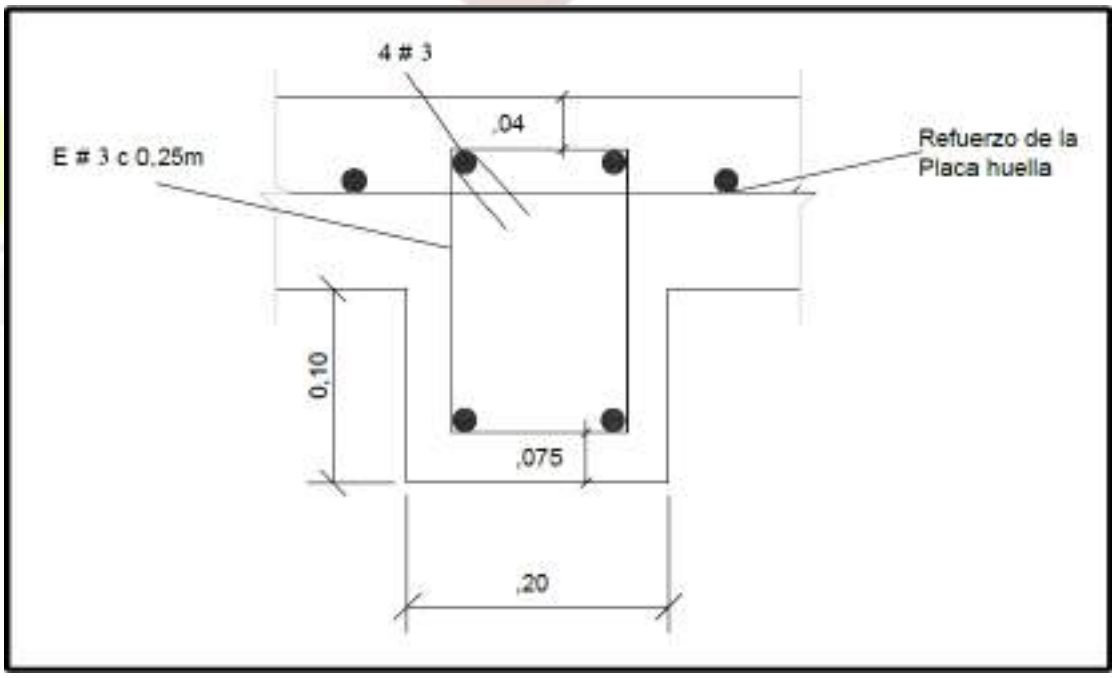
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 11. Planta de Distribución del Refuerzo – Viga Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 12. Corte Longitudinal – Viga Riostra.



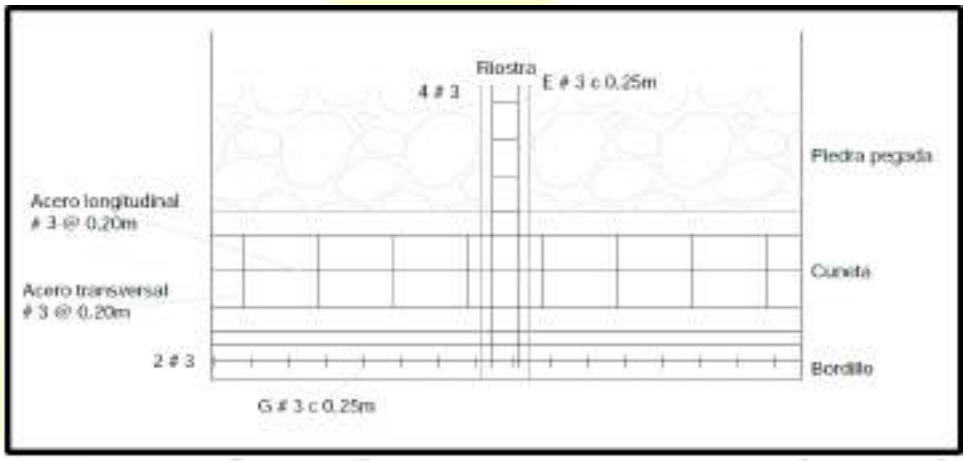
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 13. Corte Transversal Sección en Placa Huella – Viga Riostra.

7.5.2 Diseño de Berma - Cuneta

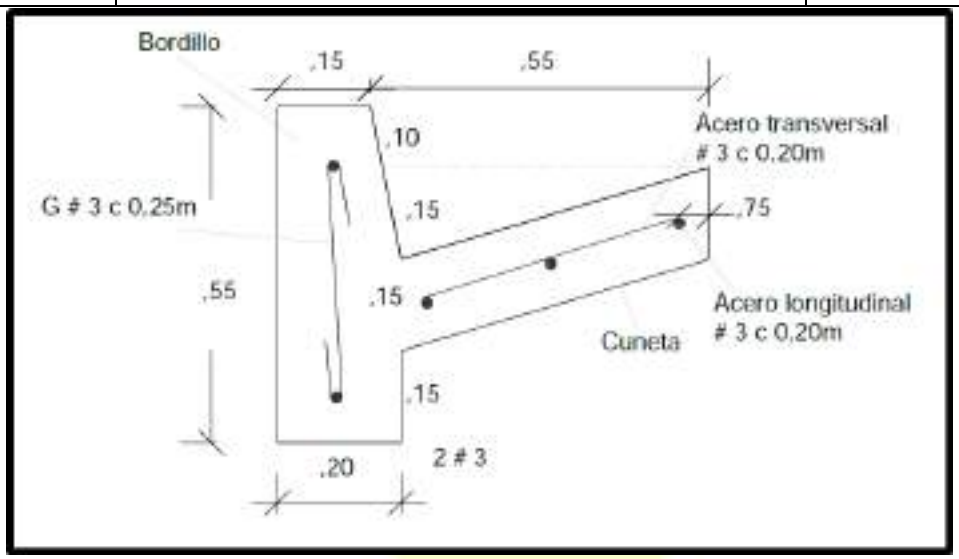
Aunque la solicitación sea eventual la berma-cuneta debe poder soportar los esfuerzos producidos por el vehículo de diseño y, por ende, el espesor, el refuerzo requerido y las características de los materiales deben ser similares a los utilizados en la placa-huella. La berma-cuneta tiene adosado el bordillo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

A continuación, se presentan los detalles de la berma-cuneta y el bordillo.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 14. Planta de Distribución del Refuerzo – Berma-Cuneta.



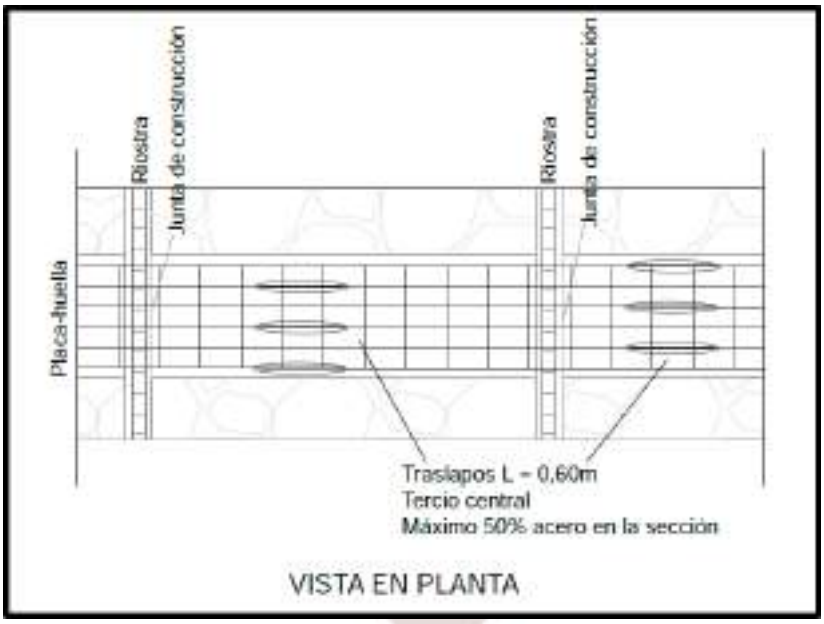
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 15. Corte Berma-Cuneta.

7.6 Juntas

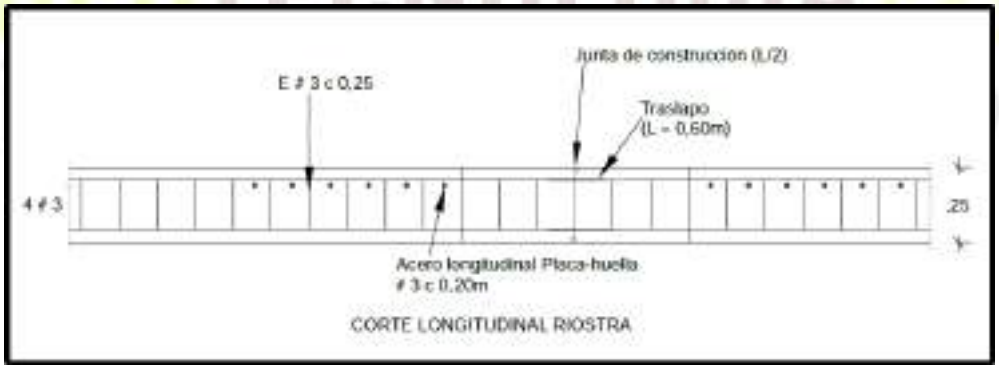
El modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, afín de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción.

7.6.1 Junta Transversal



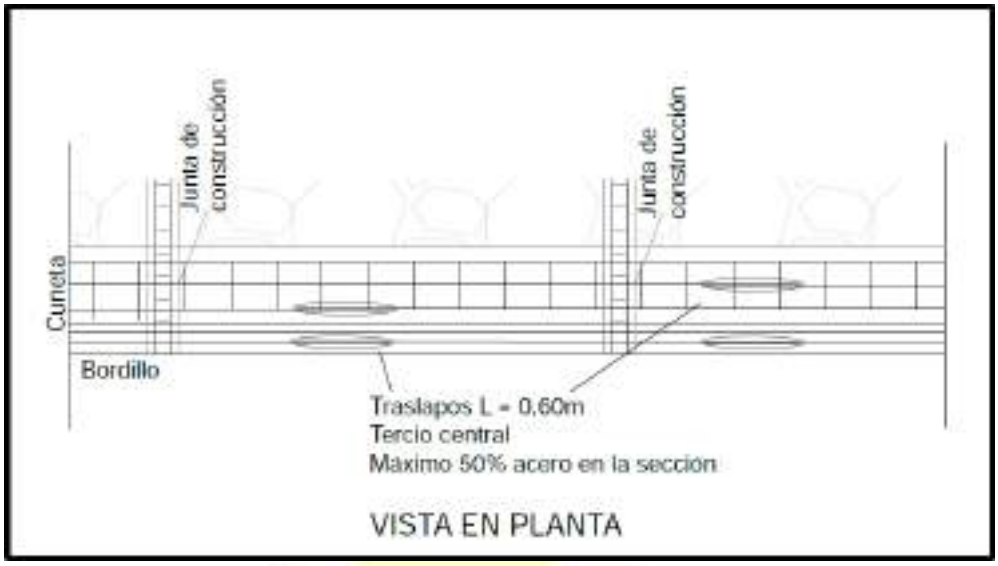
Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 16. Junta transversal de construcción en la Placa-Huella.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

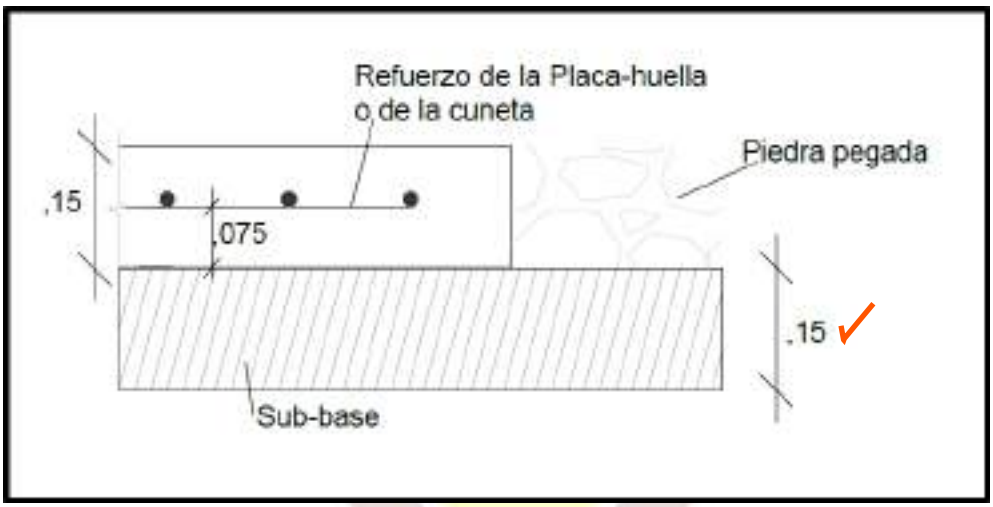
Figura 17. Junta transversal de construcción en la Riostra.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 18. Junta transversal de Construcción en la Berma-Cuneta.

7.6.2 Junta Longitudinal



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella.

Figura 19. Junta Longitudinal etren la Placa-Huella o Berma Cuneta y la Piedra Pegada.

8. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE PLACA HUELLA

GEOTECNOLOGÍA S.A.S
ingeniería y control

8.1 Concreto Placa Huella, Berma-Cuneta y Viga Riostra

En la mayoría de las obras de pavimentación con placa-huella el concreto utilizado se fabrica en la vía, en donde no existen los medios para ejercer un control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la inversión en un pavimento con placa-huella es cuantiosa y que éste debe permanecer durante décadas en condiciones de servicio satisfactorias resulta obligatorio utilizar una mezcla de concreto que ofrezca garantía de durabilidad.

Por la razón anterior, que no es otra que garantizar la durabilidad del concreto sometido a la intemperie y al desgaste producido por la fricción al paso de las llantas de los vehículos, la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable que en este caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

Una vez identificada la fuente de agregados a utilizar en el proyecto es indispensable realizar, en laboratorio, el diseño de la mezcla de concreto incluyendo los ensayos de calidad a los agregados los cuales deben cumplir los requisitos para concreto estructural establecidos en las especificaciones vigentes del Instituto Nacional de Vías.

Ahora bien, si se realiza en la obra un control de calidad básico 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, 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 no es difícil lograr una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg/cm2.

Características de los materiales

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg /cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho milímetros (38 mm).
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.

8.2 Concreto Ciclópeo

La principal función de la piedra pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos con placa-huella reforzada, por ende, ésta no tiene capacidad estructural y por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión de esfuerzos con los otros elementos del pavimento con placa-huella.

En las franjas de piedra pegada, cuyo material se asimila a un concreto ciclópeo, es necesario tener en cuenta que al igual que las placas-huella también van a estar sometidas al deterioro producido por el efecto del clima (sol y lluvia) y por el desgaste producido por la abrasión generada por las llantas de los vehículos así sea esporádica la circulación sobre ellas. Además, estas franjas deben permanecer durante más de veinte años sin evidenciar deterioros significativos.

La especificación INV Art 630 - 2013 establece una resistencia del concreto menor para el ciclópeo.

Lo anterior bajo el entendimiento que el concreto ciclópeo es para usos diferentes al de una eventual circulación de vehículos sobre este material.

Basados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella (Resolución Invias 04401 del 17 de octubre de 2017), en aras de velar por la durabilidad del pavimento con placa- huella, también determina que el concreto incorporado en las franjas de piedra pegada tenga una resistencia a los 28 días de f 'c = 210 kg /cm2.

En cuanto a la piedra a utilizar se recomienda que sea de canto rodado ya que estas piedras presentan una mayor resistencia al desgaste.

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:

- Resistencia a la compresión a los 28 días f 'c = 210 kg/cm2.
- Tamaño máximo del agregado grueso Tmáx. = Treinta y ocho (38 mm) milímetros.
- Asentamiento = Cinco (5) centímetros.
- Tamaño máximo de agregado ciclópeo Tmáx. = entre ocho (0,08 m) y doce (0,12 m) centímetros.
- Deben ser cantos rodados. Nacional de Vías.

8.3 Acero

El acero se define por su resistencia y se contempla mínimo de
fy: 4200 Kg/cm2 ≤ fy ≤ 5200 Kg/cm2.

Independiente del diámetro o varilla a usar en los elementos estructurales. Según las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan con las Normas NTC-2289 – (ASTM A706M). No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo la norma NTC 245, ni aceros trabajados en frio o trefilado. Ceñirse a lo indicado en el capítulo C-7 de la norma NSR-210.

Cuando sea necesaria la ductilidad o soldadura, se deben especificarse aceros que cumplan con las exigencias de la norma ASTM A 706 "Low Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement".

El módulo de elasticidad del acero se define ES=200.000 Mpa

GEOTECNOLOGÍA S.A.S
ingeniería y control

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los análisis se realizaron con superficie de apoyo con un módulo de reacción del conjunto de 42,279.59 KN/m3., que corresponde a una subrasante mejorada con CBR de 5,23% y una subbase granular de 0.15 mt 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 de este. Tanto la subrasante como la subbase deben ser debidamente compactadas. Se debe garantizar el confinamiento de la subbase 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 subbase (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 qué esta diminución de esfuerzos se considere un factor de seguridad y no se reduzcan las cuantías del refuerzo.

- 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.

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS "Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural", Bogota, 2020.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS "Guía de Diseño de Pavimentos con Placa - Huella", Bogota, 2015.

- MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS – INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO ICPC, "Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito", Medellin, 2008.

- Anonimo, Especificación 500-1P Placa-huella en concreto.

- J. F. Arango-Londoño, Diseño de pavimentos reforzados: evaluación de factores de carga y subresistencia por el método LRFD, Tecno Lógicas, nº 14, pp. 89-103, 2005.

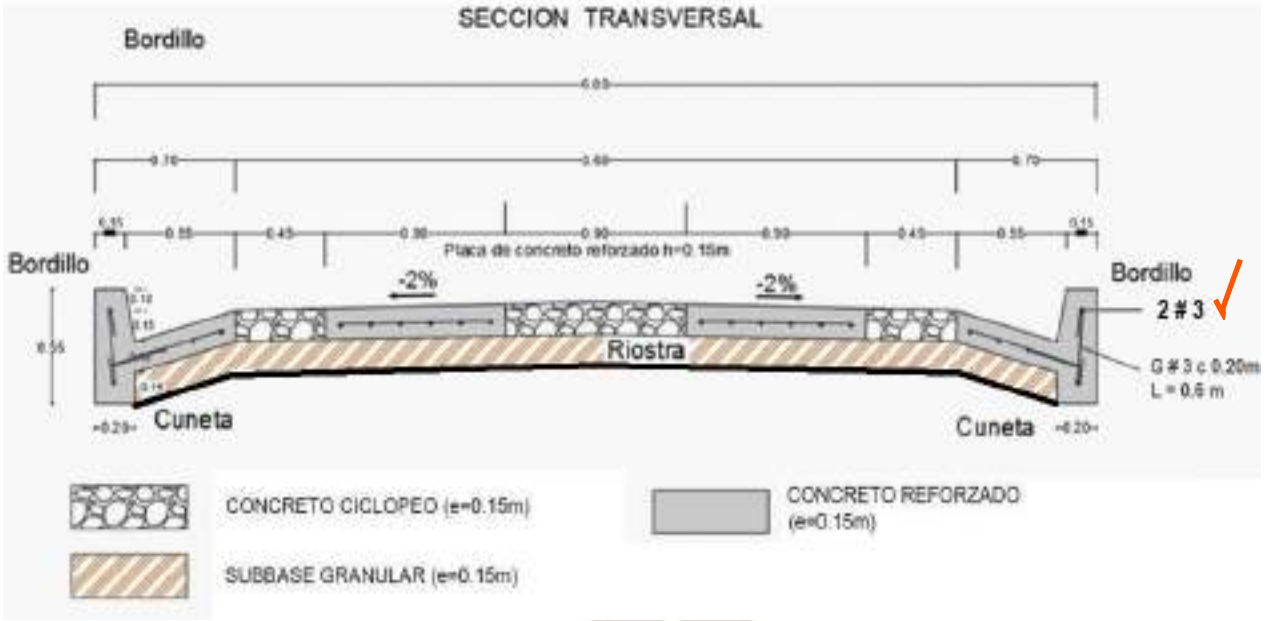
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Límites de pesos y dimensiones de los

vehículos de carga en Colombia, Resolución 004100 Ministerio de Transporte, Bogotá DC, 2004.

GEOTECNOLOGÍA S.A.S
ingeniería y control

ANEXO 1. PLANO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PLACA HUELLA.

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

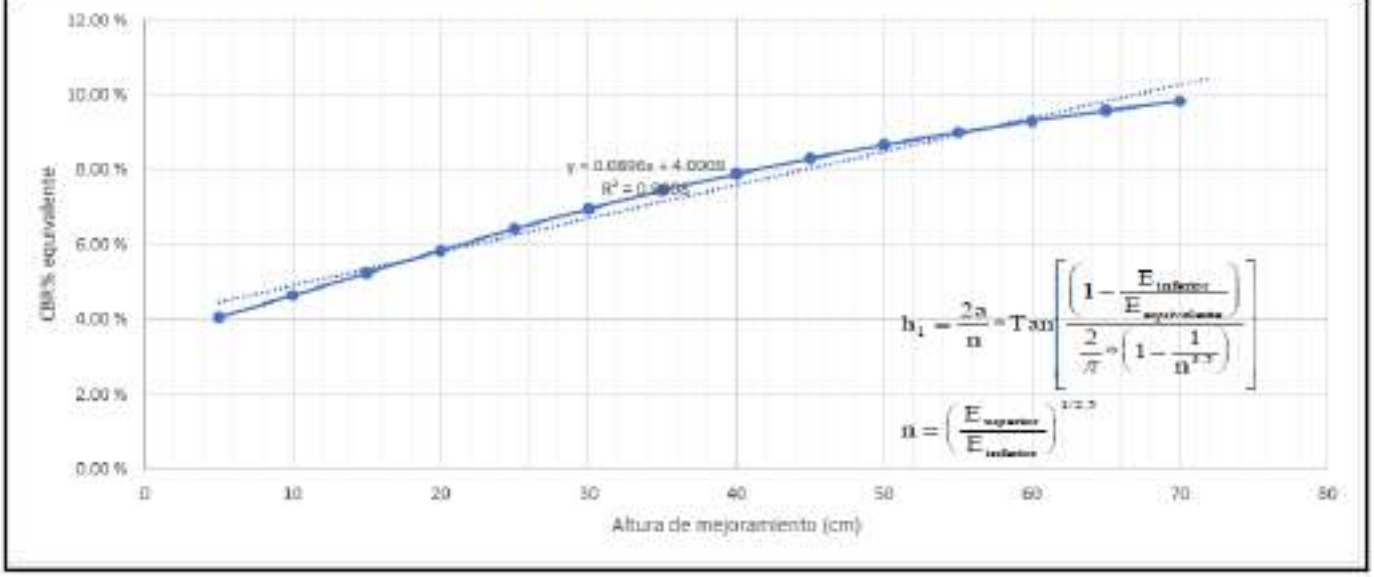

SECCION TRANSVERSAL
Bordillo
Placa de concreto reforzado h=0.15m
-2%
-2%
Bordillo
Bordillo
2 # 3
G # 3 c 0.20m
L = 0.6 m
Riostra
Cuneta
Cuneta
CONCRETO CICLOPEO (e=0.15m)
CONCRETO REFORZADO (e=0.15m)
SUBBASE GRANULAR (e=0.15m)

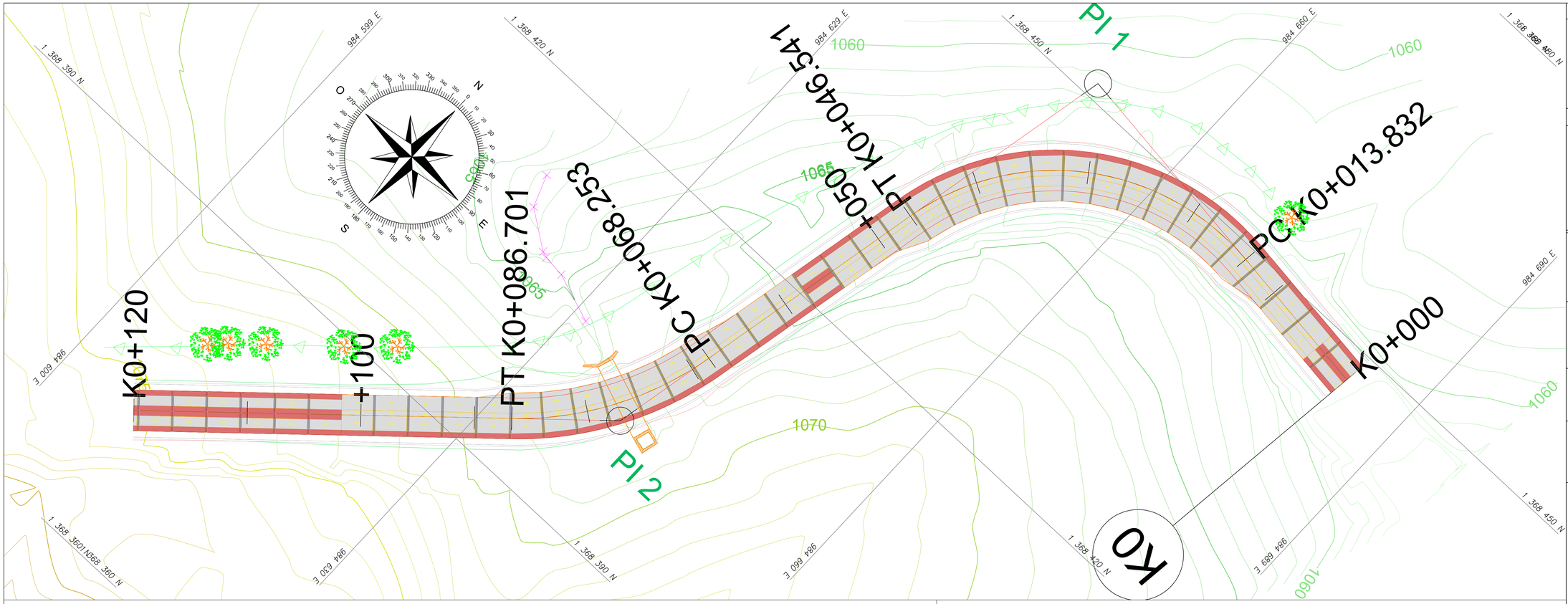
ANEXO 2. FORMULA DE IVANOV- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO.

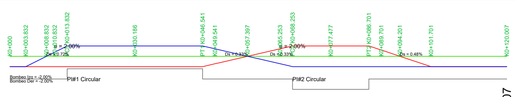
GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

CBR DE LA SUBRASANTE	3.55 %	FORMULA DE IVANOV- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO					
CBR DE MEJORAMIENTO	10.00 %						
CBR_{SER}	$E_{inferior}$ (Kg/cm2)	$E_{superior}$ (Kg/cm2)	2a	n	$H_{mejoramiento}$ (cm)	$E_{equivalente}$(Kg/cm2)	CBR eq (%)
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	5	439.88	4.05 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	10	478.7	4.63 %
3.55 %	**404.14**	**784.13**	**30.14**	**1.3**	**15**	**517.89**	**5.23 %**
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	20	555.32	5.83 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	25	589.61	6.41 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	30	620.94	6.94 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	35	648.72	7.44 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	40	673.43	7.88 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	45	695.39	8.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	50	714.95	8.66 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	55	732.42	8.99 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	60	748.07	9.29 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	65	762.17	9.57 %
3.55 %	404.14	784.13	30.14	1.3	70	774.9	9.82 %

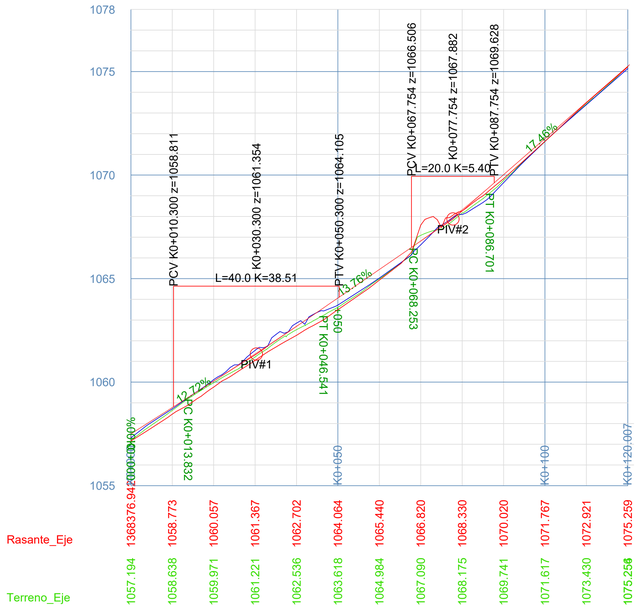
RELACION ESPESOR DE MEJORAMIENTO VS CBR% EQUIVALENTE







	K0+000	K0+050	K0+100	K0+120.007
CORTE	75.15	59.52	37.33	
TERRAPLEN	4.15	7.61	0.27	



K0+000	K0+013.832	K0+020	K0+030	K0+040	K0+046.541	K0+050	K0+060	K0+068.253	K0+070	K0+080	K0+086.701	K0+090	K0+100	K0+110	K0+120.007
1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94	1368376.94
1058.773	1058.773	1059.357	1060.057	1061.367	1062.702	1063.618	1064.984	1066.820	1067.090	1068.330	1068.175	1068.745	1069.741	1071.767	1075.259
1057.194	1058.638	1059.971	1061.221	1062.536	1063.618	1064.984	1067.090	1068.175	1069.741	1071.617	1073.430	1075.258			

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL:
DEPARTAMENTO DEL BOLIVAR



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL:
SANTA ROSA DEL SUR



CONTRATANTE:

ALCALDÍA DE SANTA ROSA DEL SUR

CONTRATISTA:

CRO PROYECTO S.AS

DIBUJÓ:

REVISÓ:

CONVENCIONES Y ABREVIATURAS:

E.#1 DELTA
PERFIL
BORDE VIA
POSO DE IMPECCION
113.035 / 110.512 COTAS DE DISEÑOS
RED INSTALADA
BOX
VIA
ÁRBOL
BM DE CONTROL
SECCIONES TRANVERSALES

PROYECTO:

CONTRATO DE OBRA,
AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DER BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL.

CONTIENE:

DISEÑO GEOMETRICO

ESCALA: PLANTA 1 : 200
PERFIL H : 1 : 1000 / V : 1 : 100

FECHA:

ABRIL - 2024

REV No	FECHA	OBSERVACIÓN
		XXXXXXXXXX

CÓDIGO DEL PLANO:

PLANCHA:

1 / 1

INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA EJECUCION DEL CONVENIO SOLIDARIO N° 3990 DEL 2023 QUE TIENEN POR OBJETO: "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DER BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".



CONSTRUCCION DE PLACA HUELLAS UBICADO EN LA VEREDA SAN ALBERTO CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR

MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR – BOLIVAR

MAYO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVO 4
   2.1. Objetivo general 4
   2.2. Objetivos específicos 4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
4. METODOLOGÍA DE DISEÑO 8
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 9
   5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 9
   5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera 9
   5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo 10
   5.4. Cálculo de la transición de peralte 11
   5.5. Rasante y curvas verticales 12
   5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo. 12
   5.7. Sección transversal típica de diseño 13
6. DISEÑO GEOMÉTRICO 14
   6.1. Características de diseño 14
   6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 14
7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO 15
   7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular. 15
   7.2. Cálculo de las materiales de estructura 15
   7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras 15
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16

1. INTRODUCCIÓN.

Para el desarrollo y mejoramiento de un Municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto y sus alrededores.

En el presente documento se relaciona el informe de Diseño Geométrico horizontal, vertical y transversal, como parte de la ejecución de los diseños necesarios para la solución integral de la consultoría, con la finalidad de que el presente contrato pueda ser ejecutado y así mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar. Facilitando la movilidad al momento de desplazarse por estas vías; adicional a lo mencionado se busca garantizarle a los conductores seguridad de desplazamiento.

Mediante el estudio de diseño geométrico se busca plantear diseños optimizados que cumplan los parámetros mínimos de seguridad, según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural; sin dejar a un lado que el proyecto sea económicamente viable, adicional a eso se establecen las recomendaciones para el diseño estructural de la placa huella, siendo consistentes con la infraestructura existente y las obras de drenaje actuales que funcionan sobre la vía.

Para un buen desarrollo en el diseño geométrico es necesario considerar como parámetro principal el diseño vertical de la vía, ya que uno de los principales inconvenientes que se puede presentan en la zona son los puntos de captación de aguas, en los cuales sea necesarios construir estructura hidráulica para la recolección de las escorrentías superficiales.

El resultado final del presente estudio se soporta en las memorias de diseño y anexos al presente informe, adicional se adjuntan los planos de localización y de diseño para facilitar al constructor un buen desarrollo durante la ejecución de la obra.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Realizar el diseño geométrico para la construcción de placa huella ubicada en la Vereda San Alberto corregimiento de Villa Flor Municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros de diseño para la nueva vía, buscando la mejor adaptación del diseño a la topografía actual, en lo posible ajustado a la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.
- Definir una sección transversal típica que cumpla con las expectativas de bombeo y peralte mínimo.
- Garantizar la seguridad de movilidad por la vía que se va a diseñar.
- Ajustar el proyecto en lo posible a la cartilla Colombia rural, en el trazado horizontal y vertical cumpliendo velocidades de diseño mínimas y pendientes máximas.
- Desarrollar un proyecto económicamente viable que solucione las necesidades de movilidad y accesibilidad a los habitantes de las localidades mencionadas anteriormente.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Santa Rosa del Sur es un municipio de Colombia, ubicado al norte del país, en el departamento de Bolívar, a 720 km de Cartagena de Indias, la capital departamental. Se encuentra enclavada en el sistema orográfico de la Serranía de San Lucas, en la Subregión del Medio. Está ubicado estratégicamente en el Sur de Bolívar, La geografía del territorio municipal se caracteriza por ser una zona montañosa, debido a que se encuentra en la porción final de la cordillera central, en las inmediaciones de la serranía de San Lucas.

La cabecera municipal se encuentra aproximadamente a 600 msnm, la municipalidad se encuentra entre los 50 y los 2000 msnm. Esta región es privilegiada pues se encuentra equidistante y estratégicamente ubicada cerca de los grandes centros poblacionales, comerciales e industriales del interior del país, cuenta con un clima templado-cálido y abundantes fuentes hídricas lo que facilita el asentamiento urbano. Su posición geográfica es 7° 57' 48" de Latitud Norte y 74° 3' 12" de longitud.

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control



Figura 1. Localización General de la zona.



Figura 2. Localización del corregimiento de Villa Flor.

Fuente: Google Earth y PBOT municipal.

La zona de trabajo del proyecto "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS Y LA JUNTA DE ACCION COMUNAL DEL CORREGIMIENTO DE VILLA FLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DER BOLIVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL." es una vía Intercorregimental con espacio abierto en la vereda San Alberto, Corregimiento de Villa flor, ubicado al Sur-Oeste zona rural del municipio de Santa Rosa Del Sur (Bolívar), en el cual se presenta una topografía fuertemente ondulada. a una altitud promedio de 1070.00 msnm.

A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de la vía en el municipio.

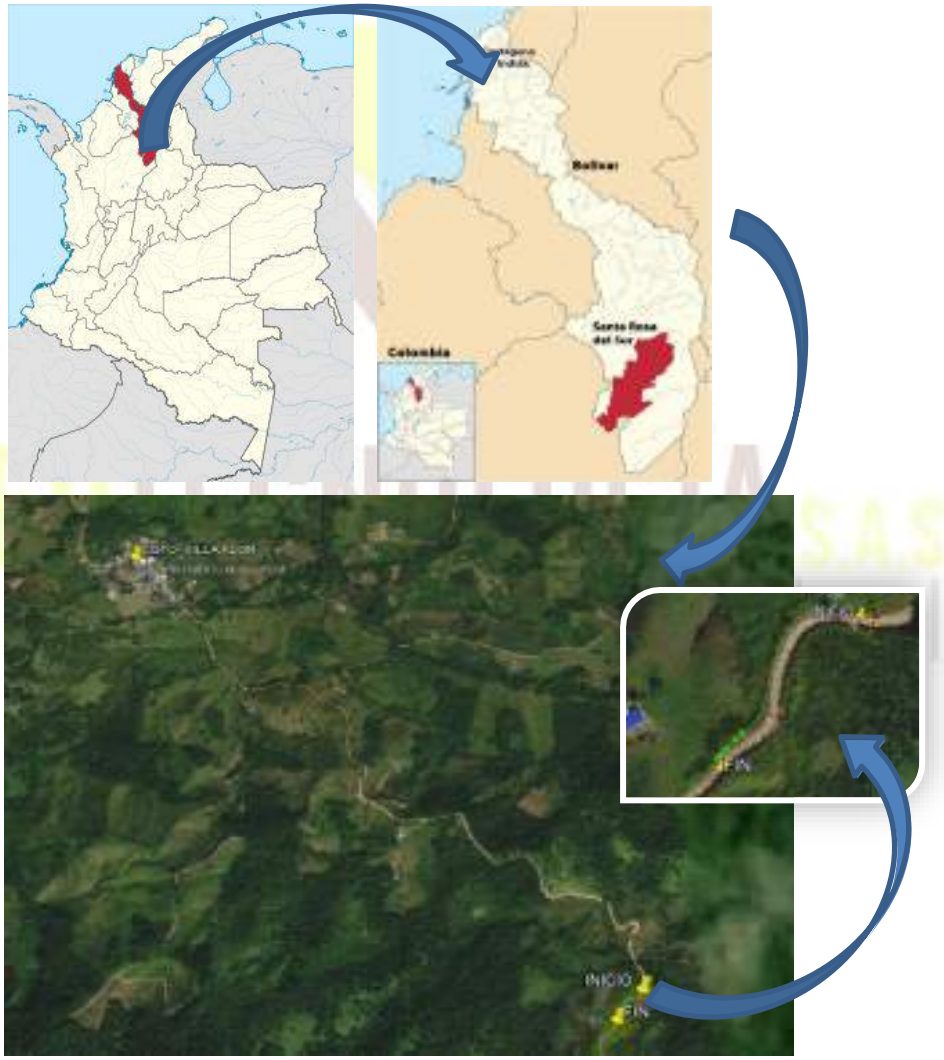


Figura 3. Localización general del proyecto.
Fuente: Google Earth.

La vía objeto de contrato, está ubicada en la zona rural del municipio de Santa Rosa del Sur:

ALINEAMIENTO/NOMENCLATURA CATASTRAL	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO BERMA-CUNETA (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)
Vía San Alberto, Corregimiento de Villa flor	3.6	0.7	120

4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en la categorización propuesta por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural en los términos de referencia, se adoptó una velocidad de diseño de 30 km/h en el tramo homogéneo y para las curvas horizontales, de esta forma garantizar la movilidad de los usuarios en condiciones de seguridad y comodidad.

El eje en planta se determina teniendo como referencia el coronamiento actual y los parámetros de diseño como radio mínimo; adicional se aprovechan los tramos con una topografía escarpada para adecuar la vía a los parámetros de diseño establecidos por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

Con base en el perfil longitudinal natural se procedió a trazar la correspondiente rasante de diseño; es necesario resaltar que en todo el desarrollo longitudinal de la vía se plantean pendientes longitudinales que varían del 12.72% al 17.46% tratando de conservar la forma del perfil longitudinal actual.

El diseño transversal de la vía se define en función de la estructura de la placa huella, la geometría de la zona, el diseño vertical y la necesidad de bombeo ya sea a dos aguas desde el eje de la vía o con una sola pendiente transversal entre los bordes de la vía; tal determinación

se hará según la topografía de la vía, las vías de empalme que se encuentren pavimentadas, los sistemas de drenaje existentes y las intersecciones viales.

5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La vía cuenta con una topografía escarpada ya que sus pendientes longitudinales superan el 8%, por lo cual sus alineamientos son de pendientes considerables y el movimiento de tierra durante su construcción es máximo.

5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

✓ Clasificación: Rural

✓ Longitud vía diseñada: 120m

✓ Velocidad de diseño: 20 km/h

✓ Ancho de placa huella: 3.60 mts

✓ Bombeo Normal: 2.00%

✓ Peralte Máximo: +2.00%

5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. La velocidad de diseño se determina con base a lo recomendado por la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural que sugiere una velocidad de diseño de 20km/h.

5.3. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo

El radio mínimo (RC mín.) se adopta para el límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.). El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones por lo cual el peralte máximo es de 2% por ser vías en placa huella.

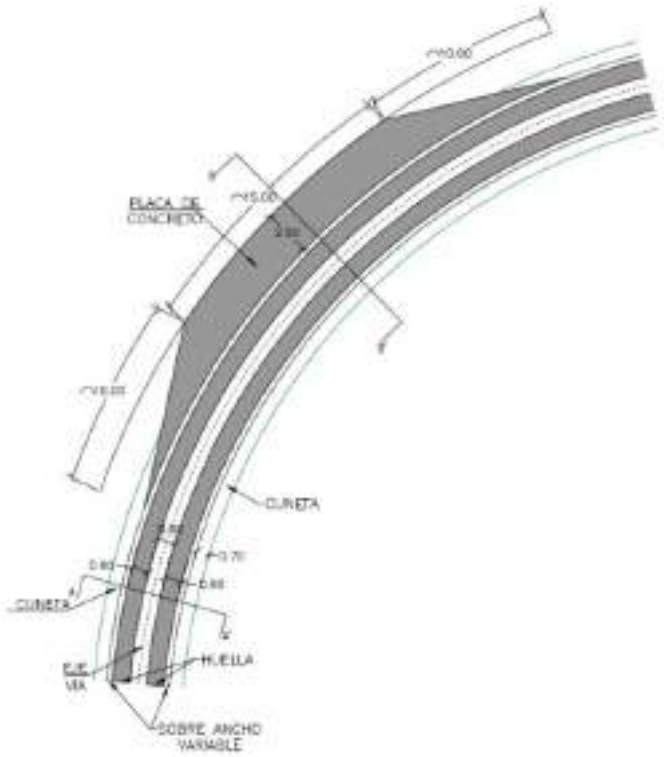


Figura 4. Detalle sobre ancho en curvas con radios mínimos.

Fuente: cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

5.4. Cálculo de la transición de peralte

Las longitudes de transición para este caso se toman a partir del bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte máximo en este caso se realiza la transición de peralte utilizando un 70% de la longitud de la curva circular por la poca entre tangencia que existe entre las curvas circulares.

Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la longitud de transición.

$$Lt = L + N$$

Donde

✓ Lt= longitud total de transición (m)

✓ L = longitud del punto peralte cero al punto peralte máximo (m)

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

$$L = a \times bw \times \left(\frac{ef - ei}{\Delta s}\right); \quad a = w \times n$$

Donde:

✓ a= Ancho de la calzada que gira (m)

✓ ef - ei = Cambio de peralte (%), donde ei = peralte inicial = 0

✓ N= Aplanamiento Bombeo normal a peralte cero (m)

✓ bw = factor de ajuste debido al número de carriles que giran (m)

✓ Δs = inclinación relativa de la rampa de peraltes

✓ w = Ancho de carril (m)

✓ n = número de carriles que giran

$$N = \frac{BN \; X \; L}{ef}$$

Donde

✓ BN= Bombeo normal (m)

✓ ef = Peralte total (%)

5.5. Rasante y curvas verticales

El diseño vertical se definió ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

El diseño de curvas verticales se realizó teniendo en cuenta el mejor ajuste al terreno existente. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima con el fin de evitar movimientos de tierra representativos.

5.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo.

En el estudio se propone 5.0 m de calzada incluyendo cunetas para el tramo en placa huella, buscando una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto y que se ajusta al ancho de calzada existente en el tramo a intervenir.

Para el presente estudio geométrico se adopta un bombeo del 2%, ya que la sección transversal tiene un bombeo desde el eje de la vía.

5.7. Sección transversal típica de diseño.

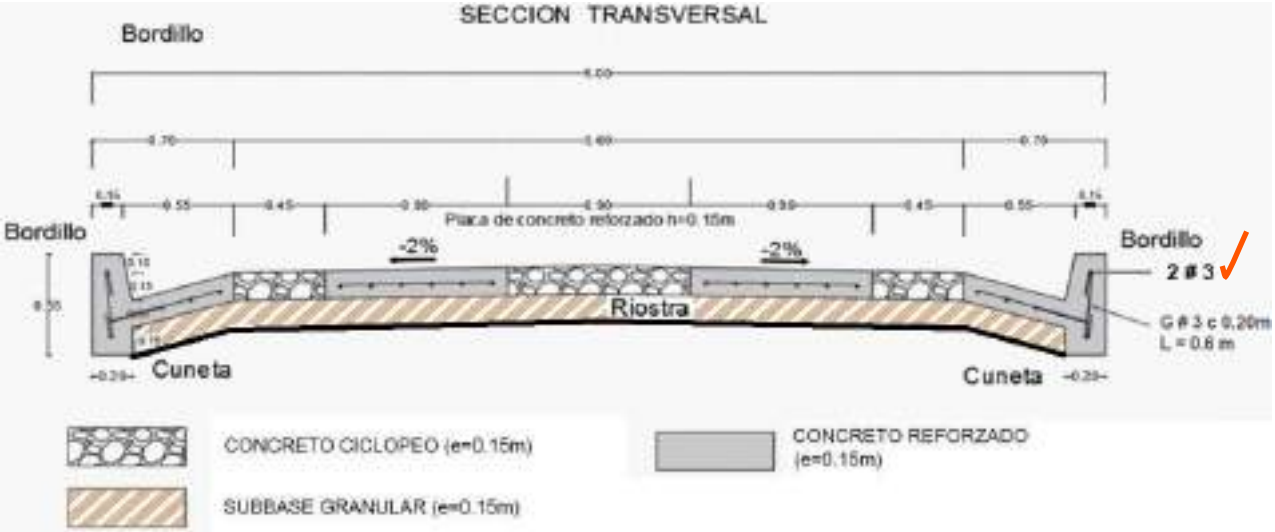


Figura 5. Sección transversal típica diseñada.

Fuente: Imagen extraída del diseño transversal.

En los anexos del presente informe se pueden observar las características de los Accesos viales:

✓ Cotas del terreno natural

✓ Cotas de diseño

✓ Bombeo seleccionado

✓ Diagrama de cotas transversales

✓ Volumen de Relleno

Adicional se puede observar la composición de cada sección transversal para el tramo vial.

6. DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. Características de diseño

Clasificación: Vía terciaria

Longitud de la vía a intervenir: 120 m

Velocidad de Operación: 20 km/h

La vía se localiza en terreno plano, con un ancho de placa huella de 3.60m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 20 km/h.

6.2. Características propuestas de diseño geométrico de la vía

Longitud: 120 m

Tipo de terreno: Escarpado.

Velocidad de diseño: 20 Km/h

Ancho de Calzada: 3.60 m

Ancho de Cuneta: 0.55 m

Ancho de Bordillo: 0.15 m

Bombeo Normal (BN): 2 %

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

7. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO GEOMETRICO

7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y circular.

Con base en la velocidad de diseño se definieron los diferentes parámetros de diseño vertical y horizontal de la vía diseñada los cuales se verán reflejados dentro del informe en una cartera de localización que exterioriza la información mínima para la localización del proyecto como es las coordenadas norte, este y cota rasante. Tal información se puede encontrar en el **Anexo 3.** Adicional en los planos de diseño planta perfil se pueden observar los parámetros de diseño horizontal como lo es la abscisa de diseño, el **PI** de las curvas horizontales, el **PC** y **PT** de las curvas circulares; de igual forma en los perfiles se encuentran los elementos verticales como longitud de la curva circular, el parámetro de control de visibilidad K, las cotas de diseño de la rasante con su respectivo abscisado.

7.2. Cálculo de las materiales de estructura

Ver **Anexo 6**.

7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Con base en las secciones transversales de diseño y las pendientes longitudinales, se calculó la cartera de movimiento de tierras para corte y lleno del terraplén. Ver **Anexo 5**.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de 20 Km/h, ajustando el diseño según la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales del Programa Colombia Rural.

✓ Se adoptó un ancho de calzada de 3.60 m para el tramo de placa huella, contemplando la construcción de cuneta 0.55m de ancho y bordillo de 0.15 como se muestra en la Figura 3.

✓ Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2% para los tramo homogéneos y rectos de la vía, en los tramos con curvas horizontales se diseñaron bombeos transicionales que permiten mejorar la movilidad de los usuario contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.

✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.

✓ Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

✓ Para un buen control y revisión del proyecto, se editaron planos de diseño geométrico (Planta – Perfil y Secciones), con el fin de tener control tridimensional de las vías diseñadas, en los cuales se pueden observar: Elementos de diseño geométrico horizontal, Acuerdos de diseño vertical, cotas de diseño tanto del eje como de los bordes de la vía, secciones de control transversal con (cotas de diseño, cota terreno, volúmenes parciales y acumulados de corte y lleno) y montaje de la estructura de pavimento.

ANEXO 1: ALINEAMIENTO HORIZONTAL

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 2: CURVAS VERTICALES

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 3: CARTERA DE LOCALIZACION

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 4: CARTERAS DE RASANTE

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 5: CARTERAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 6: CARTERAS DE MATERIALES ESTRUCTURA

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

ANEXO 7: PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO

GEOTECNOLOGÍA S.A.S ingeniería y control

8.5. APROBACIONES A LOS DISEÑOS

VEREDA LA CEIBA

COMUNIDO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-058-24 - APROBACIÓN DISEÑOS

Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>

Mar 14/05/2024 10:18

Para:JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA LA CEIBA <jacveredalaceiba01@gmail.com>;ronald uribe <Ronald.uribe12@gmail.com>
CC:Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>;Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>;duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>

2 archivos adjuntos (356 KB)

GER -058_Informe revisión de diseños La Ceiba.pdf; Informe Vereda LA CEIBA.pdf;

Medellín, 14 de mayo de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-058-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA CEIBA
MIRYAM FANDIÑO ROJAS
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetada señora Rojas;

Adjunto el comunicado del asunto

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 14 de mayo de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-058-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA CEIBA
MIRYAM FANDIÑO ROJAS
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetada señora Rojas;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÓN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo
Anexo Informe de revisión de diseños

Montería, Mayo 13 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

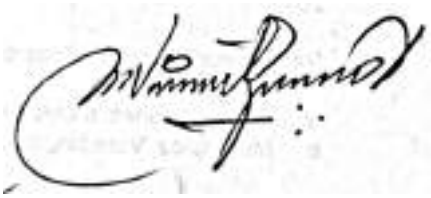
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No 2 / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA LA CEIBA.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella N°2, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "La Ceiba" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Mayo 11 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No. 2, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA CEIBA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda La Ceiba – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO DE SUELOS pdf. de fecha Marzo de 2024.
- 2. ESTUDIO DE TRANSITO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 3. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 4. DISEÑO GEOMÉTRICO. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Planta perfil y Secciones. Modulación de losas y Señalización.
- 5. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Detalles constructivos.
- 6. INFORME DE DISEÑO SEÑALIZACION. pdf. de fecha Abril 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA LA CEIBA"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. El tipo de suelo encontrado en los apiques realizados es, Arena arcillosa (SC) y Arcilla de media plasticidad (CL) se obtuvo un C.B.R. en el laboratorio al 95% de 49.43%, lo que le da una clasificación cualitativa de un Suelo EXCELENTE. El estudio está bien realizado, el estudio de suelos cumple las especificaciones de Invías y contiene los resultados y las recomendaciones necesarias para hacer una definición acertada de la estructura del pavimento en placa huella. *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE SUELOS.*

- ✓ Informe de ESTUDIO DE TRANSITO, dicho estudio cumple lo requerido por INVIAS, se verificaron los volúmenes vehiculares en el tramo en consideración para el proyecto, se identificó que la circulación de vehículos se mantiene en lo considerado como tránsito bajo. El transito se clasificó como N1. Los camiones encontrados en el estudio son C2P y C2G pero bien es sabido que para la estructura establecida por el INVIAS, para el pavimento en placa huellas, se considera un C3 en las vías terciaria a intervenir. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE TRANSITO.*

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del presente estudio es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, En el Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. Se puede rectificar algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización y una modulación de losas adecuadamente. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DE PLACA HUELLA, está acorde con lo expresado en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo escrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. El camión de diseño de la guía es el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversamente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 20X30 cm. con 4#4 longitudinalmente y estribos de 1#2@0.15m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; no se ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)". El costo de su elaboración se debe incluir en el presupuesto.

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

VEREDA LA CUMBRE

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-082-24 - REVISIÓN DISEÑO

Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>

Lun 24/06/2024 21:17

Para:jaclacumbre.santarosa@gmail.com <jaclacumbre.santarosa@gmail.com>;silviosalgadoparra2022@gmail.com <silviosalgadoparra2022@gmail.com>
CC:Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>;duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>;Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>

4 archivos adjuntos (23 MB)

GER -082_Informe revisión de diseños La Cumbre.pdf; Informe Vereda LA CUMBRE.pdf; GEOMETRICO_ok.rar; PROYECTO PAVIMENTO RURAL CUMBRE - HIDROLOGÍA_ok.rar;

Medellín, 24 de junio de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-082-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN VEREDA LA CUMBRE
SILVINO SALGADO PARRA
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Salgado;

Adjunto el comunicado del asunto, de igual manera se comparte la última versión de documentos de los estudios y diseños

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 24 de junio de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-082-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN VEREDA LA CUMBRE
SILVINO SALGADO PARRA
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Salgado;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÓN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo

Montería, Junio 24 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

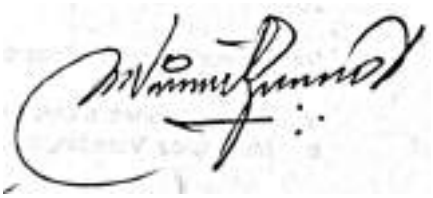
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA LA CUMBRE.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "La Cumbre" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Junio 22 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA CUMBRE, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda La Cumbre – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. LA CUMBRE. Mayo 2024.
- 2. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. Mayo 2024.
- 3. DISEÑO GEOMÉTRICO. Mayo 2024.
- 4. PLANOS. Planta perfil y Secciones Mayo 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA LA CUMBRE"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. En el informe de diseño del pavimento en placa huella se dice que tipo de suelo encontrado en los apiques realizados en la Vereda La Cumbre tiene un CBR natural de 3.60% y un CBR sumergido de 2.88% es la única información que se tiene del tipo de suelo. Lo que le nos da una clasificación cualitativa de un Suelo regular.

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del estudio Hidráulico e Hidrológico, es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, Del Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. Se rectifican algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización adecuado. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DE PLACA HUELLA, está acorde con lo requerido en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo descrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. También, se consideró el camión de diseño de la guía el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversalmente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 0.20X0.30

m. con 4#3 longitudinalmente y estribos de #3@0.20m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; no se le ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)".

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

VEREDA LA MENDOZA

Outlook

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-075-24 - ESTUDIOS Y DISEÑOS

Desde Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>
Fecha Lun 24/06/2024 7:00
Para vereda la mendoza <jaclamendoza@gmail.com>
CC Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>; duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>; Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>

Medellín, 24 de junio de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-075-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA MENDOZA
GUSTAVO FERNANDEZ HINCAPIE
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Fernández;

Adjunto el comunicado del asunto, de igual manera se comparte la última versión de documentos de los estudios y diseños

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 24 de junio de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-075-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA MENDOZA
GUSTAVO FERNANDEZ HINCAPIE
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Fernández;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÓN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo

Montería, Junio 23 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

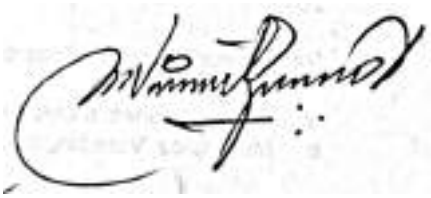
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA LA MENDOZA.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "La Mendoza" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Junio 22 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA LA MENDOZA, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda La Mendoza – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO DE SUELOS Y ANEXOS VEREDA LA MENDOZA. Mayo 2024.
- 2. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. Mayo 2024.
- 3. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. Mayo 2024.
- 4. DISEÑO GEOMÉTRICO. Mayo 2024.
- 5. PLANOS: Planta perfil y Secciones. Mayo 2024.
- 6. PLANOS: Detalles constructivos. Mayo 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA LA MENDOZA"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. El tipo de suelo encontrado en los apiques realizados en la Vereda La Mendoza es, Limo de baja Plasticidad (ML) en la clasificación USCS; en el cual se obtuvo un C.B.R. en el laboratorio al 95% de

6.19%, lo que le nos da una clasificación cualitativa de un Suelo BUENO. El estudio está bien realizado y cumple las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (Invías) y contiene los resultados y las recomendaciones necesarias para hacer una definición acertada de la estructura del pavimento en placa huella. *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE SUELOS.*

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del estudio Hidráulico e Hidrológico, es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, Del Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. Se rectifican algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización adecuado. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DE PLACA HUELLA, está acorde con lo requerido en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo descrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. También, se consideró el camión de diseño de la guía el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversalmente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 0.20X0.30 m. con 4#3 longitudinalmente y estribos de #3@0.20m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; no se le ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)".

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-071-24 - ESTUDIOS Y DISEÑOS

Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>

Mar 18/06/2024 8:00

Para:CORREGIMIENTO SAN FRANCISCO <jaccorregimientosanfrancisco@gmail.com>
CC:Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>;duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>; duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>

3 archivos adjuntos (2 MB)

GER -071_Informe revisión de diseños San Francisco.pdf; Informe Vereda SAN FRANCISCO.pdf; 1. ESTUDIO DE SUELOS Y ANEXOS - OK.pdf;

Medellín, 18 de junio de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-071-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO
MARIA BEATRIZ GUERRERO LEON
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetada señora Guerrero;

Adjunto el comunicado del asunto, de igual manera se comparte la última versión del documento de Estudio de Suelos.

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Inrterventoría

Medellín, 18 de junio de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-071-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO
MARIA BEATRIZ GUERRERO LEON
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetada señora Guerrero;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÒN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo

Montería, Junio 11 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

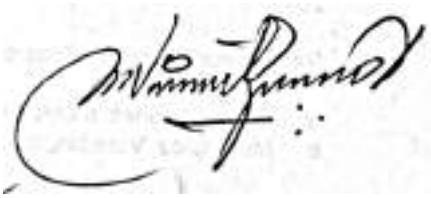
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA SAN FRANCISCO.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "San Francisco" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Junio 10 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda San Francisco – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO DE SUELOS pdf. de fecha Mayo de 2024.
- 2. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. pdf. de fecha Mayo 2024.
- 3. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. pdf. de fecha Mayo 2024.
- 4. DISEÑO GEOMÉTRICO. pdf. de fecha Mayo 2024.
- 5. PLANOS: Planta perfil y Secciones. Mayo 2024.
- 6. PLANOS: Detalles constructivos.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA SAN FRANCISCO"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. El tipo de suelo encontrado en los apiques realizados en la Vereda San Francisco es, Limo de baja Plasticidad (ML) clasificación USCS en el cual se obtuvo un C.B.R. en el laboratorio al 95% de

4.90%, lo que le nos da una clasificación cualitativa de un Suelo REGULAR. El estudio está bien realizado y cumple las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (Invías) y contiene los resultados y las recomendaciones necesarias para hacer una definición acertada de la estructura del pavimento en placa huella. *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE SUELOS*.

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del presente estudio es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, En el Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. Se puede rectificar algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización adecuado. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DE PLACA HUELLA, está acorde con lo expresado en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo escrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. El camión de diseño de la guía es el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversalmente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 0.20X0.30 m. con 4#3 longitudinalmente y estribos de #3@0.20m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; no se ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)". El costo de su elaboración se debe incluir en el presupuesto.

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

VEREDA JUAN PABLO II

Outlook

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-057-24 - APROBACIÓN DISEÑOS

Desde Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>
Fecha Mar 14/05/2024 10:14
Para JUNTA DE ACCION COMUNAL JUAN PABLO II <jacveredajuanpablosegundo@gmail.com>; ronald uribe <Ronald.uribe12@gmail.com>
CC Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>; duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>; Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>

2 archivos adjuntos (360 KB)
GER -057_Informe revisión de diseños Juan Pablo.pdf; Informe Vereda JUAN PABLO II.pdf;

Medellín, 14 de mayo de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-057-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA JUAN PABLO II
JESUS ANTONIO SAAVEDRA DIAZ
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetada señor Saavedra;

Adjunto el comunicado del asunto

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 14 de mayo de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-057-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA JUAN PABLO II
JESUS ANTONIO SAAVEDRA DIAZ
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetada señor Saavedra;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÒN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo
Anexo Informe de revisión de diseños

Montería, Mayo 13 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

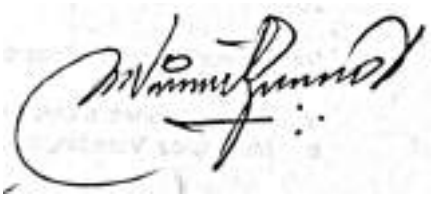
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No 2 / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA JUAN PABLO II.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella N°2, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "Juan Pablo II" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Mayo 11 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No. 2, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA JUAN PABLO II, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda Juan Pablo II – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO DE SUELOS pdf. de fecha Marzo de 2024.
- 2. ESTUDIO DE TRANSITO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 3. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 4. DISEÑO GEOMÉTRICO. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Planta perfil y Secciones. Modulación de losas y Señalización.
- 5. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Detalles constructivos.
- 6. INFORME DE DISEÑO SEÑALIZACION. pdf. de fecha Abril 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA JUAN PABLO II"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ El informe de ESTUDIO DE SUELO está bien realizado, el estudio de suelos cumple las especificaciones de Invías y contiene los resultados y las recomendaciones necesarias para hacer una definición acertada de la estructura del pavimento en placa huella. El tipo de suelo encontrado en los apiques realizados es, Limo baja Plasticidad (ML); con un C.B.R. al 95% de 4.65, lo que le da una clasificación cualitativa de un Suelo REGULAR. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE SUELOS*.

- ✓ Informe de ESTUDIO DE TRANSITO, dicho estudio cumple lo requerido por INVIAS, se verificaron los volúmenes vehiculares en el tramo en consideración para el proyecto, se identificó que la circulación de vehículos se mantiene en lo considerado como tránsito bajo. El transito se clasificó como N1. Los camiones encontrados en el estudio son C2P y C2G pero bien es sabido que para la estructura establecida por el INVIAS, para el pavimento en placa huellas, se considera un C3 en las vías terciaria a intervenir. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE TRANSITO*.

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, En este tercer volumen de estudio, lo que se quiere definir es el diseño tipo de cuneta para drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Queremos resaltar que este estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos de drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, Después de leído y estudiado el Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se identificaron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía con lo cual, se caracterizó el tipo de terreno y se definió también, la funcionabilidad de la vía. Se adoptaron parámetros horizontales y verticales establecidos por el manual de diseño geométrico de INVIAS. Estos parámetros se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización y una modulación de losas correctamente. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO*.

- ✓ El Informe de DISEÑO DE PLACA HUELLA, lo entregado, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella está en relación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo escrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados están de acuerdos con los recomendados por la Cartilla de Invias, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. Se debe hacer recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzados, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; la recomendación general es NO DESESTABILIZAR la superficie existente efectuando cajeos o excavaciones".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en

la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)". El costo de su elaboración se debe incluir en el presupuesto.

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

VEREDA SAN BENITO

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-059-24 - APROBACIÓN DE DISEÑOS

Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>

Mar 14/05/2024 22:18

Para:jacvsanbenito@gmail.com <jacvsanbenito@gmail.com>;ronald uribe <Ronald.uribe12@gmail.com>
CC:Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>;Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>;duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>

2 archivos adjuntos (356 KB)

GER -059_Informe revisión de diseños San Benito.pdf; Informe Vereda SAN BENITO.pdf;

Medellín, 14 de mayo de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-059-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN BENITO
CAMPO ELÍAS ROJAS
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetado señor Rojas;

Adjunto el comunicado del asunto

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 14 de mayo de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-059-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN BENITO
CAMPO ELÍAS ROJAS
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños - Aprobación

Respetado señor Rojas;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÓN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo
Anexo Informe de revisión de diseños

Montería, Mayo 13 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

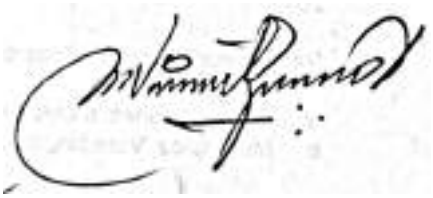
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No 2 / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA SAN BENITO.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa Huella N°2, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "San Benito" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Mayo 11 de 2024.

INFORME DE REVISION DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA No. 2, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA SAN BENITO, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda San Benito – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO DE SUELOS pdf. de fecha Marzo de 2024.
- 2. ESTUDIO DE TRANSITO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 3. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. pdf. de fecha Abril 2024.
- 4. DISEÑO GEOMÉTRICO. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Planta perfil y Secciones. Modulación de losas y Señalización.
- 5. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. pdf. de fecha Abril 2024.
  PLANOS: Detalles constructivos.
- 6. INFORME DE DISEÑO SEÑALIZACION. pdf. de fecha Abril 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA SAN BENITO"

Habiendo realizado la respectiva revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. El tipo de suelo encontrado en los apiques realizados en la Vereda San Benito es, Arena limosa (SM) y Arcilla de media plasticidad (CL) se obtuvo un C.B.R. en el laboratorio al 95% de 28.78%, lo que le da una clasificación cualitativa de un Suelo EXCELENTE. El estudio está bien realizado, el estudio de suelos cumple las especificaciones de Invías y contiene los resultados y las recomendaciones necesarias para hacer una definición acertada de la estructura del pavimento en placa huella. *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE SUELOS.*

- ✓ Informe de ESTUDIO DE TRANSITO, dicho estudio cumple lo requerido por INVIAS, se verificaron los volúmenes vehiculares en el tramo en consideración para el proyecto, se identificó que la circulación de vehículos se mantiene en lo considerado como tránsito bajo. El transito se clasificó como N1. Los camiones encontrados en el estudio son C2P y C2G pero bien es sabido que para la estructura establecida por el INVIAS, para el pavimento en placa huellas, se considera un C3 en las vías terciaria a intervenir. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE TRANSITO.*

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del presente estudio es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, En el Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. Se puede rectificar algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Se hizo un diseño de señalización y una modulación de losas adecuadamente. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DE PLACA HUELLA, está acorde con lo expresado en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo escrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. El camión de diseño de la guía es el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversamente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 20X30 cm. con 4#4 longitudinalmente y estribos de 1#2@0.15m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DE PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda, que en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable; no se ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Debe recomendarse, tener en cuenta y ser contempladas las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)". El costo de su elaboración se debe incluir en el presupuesto.

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.

CORREGIMIENTO DE VILLAFLOR

COMUNICADO ARCA-INT/INVIAS5074-GER-084-24

Tecnico Medellin <tecnico.medellin@grupoarca.com.co>

Mié 26/06/2024 16:27

Para:JUNTA DE ACCION COMUNAL CORREGIMIENTO DE VILLAFLOR <jaccgtovillaflor@gmail.com>; hectorjuliosanchez918@gmail.com <hectorjuliosanchez918@gmail.com>
CC:Marcy Correa <marcy.correa@grupoarca.com.co>;duarte.grupoarca@gmail.com <duarte.grupoarca@gmail.com>;Duvan Varela <duvanvarela04@gmail.com>

5 archivos adjuntos (20 MB)

GER -084_Informe revisión de diseños Villaflor.pdf; VILLA FLOR_Informe Vereda_VILLA FLOR.pdf; 2. Geométrico_Corr.rar; 3. VILLAFLOR_DISEÑO DE ESTRUCTURA PLACA HUELLA_correg.rar; 1. HIDRAULICO_correg..rar;

Medellín, 26 de junio de 2024
ADMON **ARCA-INT/INVIAS5074-GER-084-24**

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL CORREGIMIENTO DE VILLAFLOR
HECTOR JULIO SÁNCHEZ SÁNCHEZ
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: "INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Sánchez;

Adjunto el comunicado del asunto, de igual manera se comparte la última versión de documentos de los estudios y diseños

Cordialmente

ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA
Interventoría

Medellín, 26 de junio de 2024
ARCA-INT/INVIAS5074-GER-084-24

ADMON

Señores
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL CORREGIMIENTO DE VILLAFLOR
HECTOR JULIO SÁNCHEZ SÁNCHEZ
Presidente y Representante Legal

REFERENCIA: **"INTERVENTORÍA TECNICA, ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y FINANCIERA PARA LOS CONVENIOS SOLIDARIOS SUSCRITOS ENTRE EL INVIAS Y LOS ORGANISMOS DE ACCIÓN COMUNAL PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE VIAS TERCIARIAS DEL DEPARTAMENTO DE BOLIVAR EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL – LOTE 1."**

ASUNTO: Informe revisión de diseños – Aprobación

Respetado señor Sánchez;

De acuerdo a la revisión realizada por el especialista de la interventoría a los estudios y diseños presentados por ustedes mediante correo electrónico, se emite el informe donde se da la APROBACIÓN a los mismos.

Se solicita que durante la ejecución de las actividades se tengan en cuenta todas y cada una de las recomendaciones contenidas en el informe que se adjunta, así mismo, se requiere que previo al inicio de las actividades se envíen a la interventoría los siguientes documentos para su revisión y aprobación:

- Cronograma de trabajo
- Flujo de caja
- Presupuesto de obra ajustado con el alcance definitivo
- Diseño de mezclas a utilizar
- Cotizaciones de materiales y equipos

Cordialmente;

SARAH DEL MAR SANSÓN TORRES
Representante Legal
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERIA SA

CC Archivo

Montería, Junio 26 de 2024.

SEÑORES:
ARCA ARQUITECTURA E INGENIERÍA S.A.
Ing. Marcy Alejandra Correa Castaño.
Coordinadora de Interventoría.
E. S. D.

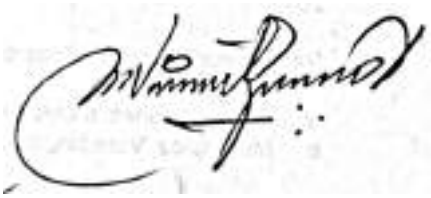
OBJETO: **INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA / BOLIVAR – SANTA ROSA DEL SUR – VEREDA VILLAFLOR.**

Estimada Ingeniera:

Por medio de la presente hago entrega del Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en Placa Huella, de acuerdo con la Información Técnica suministrada del Proyecto de la Referencia.

Vereda "VILLAFLOR" – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar.

No siendo más el motivo de ésta y estando a su disposición para cualquier aclaración, de Usted muy atentamente,



MANUEL VICENTE GAMERO DORIA
Ing. Civil. Esp. en Vías.

Anexo: Lo anunciado.

Montería, Junio 25 de 2024.

INFORME DE REVISION DE DISEÑO DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA, PARA EL PROYECTO "AUNAR ESFUERZOS ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL VEREDA VILLAFLOR, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL MEJORAMIENTO VIAL EN EL MARCO DEL PROGRAMA CAMINOS COMUNITARIOS DE LA PAZ TOTAL".

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de Revisión de Diseño de Pavimento en placa huella, para la Vereda Villaflor – Municipio de Santa Rosa del Sur – Departamento de Bolívar, sintetiza los resultados del estudio de la Información Técnica suministrada, para lo cual se contó con la siguiente información:

- 1. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO. VILLAFLOR. Mayo 2024.
- 2. INFORME DE DISEÑO DE PLACA HUELLA. VILLAFLOR. Mayo 2024.
- 3. DISEÑO GEOMÉTRICO. VILLAFLOR. Mayo 2024.
- 4. PLANOS. Planta perfil y Secciones Mayo 2024.

2. CONCEPTO DE LA REVISIÓN DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA "VEREDA VILLAFLOR"

Habiendo realizado la pertinente revisión de la Información suministrada, a continuación, se tienen los siguientes comentarios:

- ✓ INFORME ESTUDIO DE SUELO. En el informe de diseño del pavimento en placa huella, se dice que el tipo de suelo encontrado en los apiques realizados en la Vereda Villaflor tiene un CBR natural Apique N°1 de 10.14% y un CBR sumergido, en el mismo apique, de 1.04% y tiene un CBR natural en el Apique N°2 de 26.67% y un CBR sumergido de 8.74% en el mismo apique. Es la única

información que se tiene del tipo de suelo. Lo que nos da una clasificación cualitativa de un Suelo regular.

- ✓ ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO, La finalidad del estudio Hidráulico e Hidrológico, es definir los parámetros de diseño y el tipo de cuneta para el drenaje superficial longitudinal y definir la necesidad o no de la construcción de filtros para drenaje subsuperficial longitudinal.
  Podemos decir que este Estudio Hidráulico e Hidrológico se ejecutó de acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras (2009) del INVÍAS, en sus capítulos Drenaje Superficial y Drenaje Subsuperficial.
  Los elementos para el drenaje presentados están acordes tanto con los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño, como con las metodologías convencionales que se deben considerar a la hora de desarrollar un proyecto de drenaje vial. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO*.

- ✓ ESTUDIO DE DISEÑO GEOMETRICO, del Informe de Diseño Geométrico presentado, podemos decir, que se definieron a través del estudio topográfico las pendientes longitudinales y transversales de la vía existente. En el Diseño se rectifican algunas características geométricas de la vía existente, tanto en planta como en perfil y sección transversal, para garantizar la seguridad y confort de los usuarios. También, hay que garantizar la durabilidad del pavimento según lo establecido por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, optando por una sección transversal de cinco (5.0) m. Los parámetros adoptados se relacionaron entre sí para garantizar una vía funcional, cómoda y segura. Por lo tanto, *SE APRUEBA EL ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO*.

- ✓ El estudio de DISEÑO DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA, está acorde con lo requerido en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, la estructura recomendada para el pavimento en placa huella, está en correlación con las características físico – mecánicas de los suelos estudiados en la subrasante; de la cual se puede decir, según lo descrito en el informe, que su evaluación no detectó sectores con subrasantes de comportamiento complejo o con suelos demasiado blandos.

- ✓ Los espesores recomendados, como ya se dijo, están de acuerdos con los recomendados por la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, teniendo en cuenta las cargas de los ejes simples del tránsito. También, se consideró el

camión de diseño propuesto por la guía el C3, el refuerzo en la franja de huella es #3@0.20m longitudinal y transversalmente; formada en concreto de 210 Kg/cm^2. Resistencia a la compresión. Longitud de losa 2.8 m y una riostra de 0.20X0.30 m. con 4#3 longitudinalmente y estribos de #3@0.20m. Se hace recomendación especial, para que al momento de la construcción del pavimento con placa-huella por ser rígidos y además reforzado, se tenga muy en cuenta la correcta colocación del refuerzo y el cumplimiento de los requisitos mínimos de construcción, estipulados en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. *EL ESTUDIO DE DISEÑO DEL PAVIMENTO EN PLACA HUELLA – SE APRUEBA.*

- ✓ Se recomienda que, en la "subrasante generalmente constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable, no se le ejecute cajeos o excavaciones, asumiendo como recomendación general NO DESESTABILIZAR la superficie existente".

- ✓ Se recomienda, tener en cuenta y ser contempladas, las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto. La construcción del pavimento en placa huella, a nivel ambiental, debe desarrollarse con la ejecución del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA); para la formulación del PAGA se deben tener en cuenta los parámetros establecidos en la "Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial del INVIAS (2011)".

- ✓ Recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella, "que las estrías en las huellas deben hacerse hacia afuera, hacia la cuneta". Antes y después de la divisoria de aguas.