IVÓN HERNÁNDEZ

INGENIERÍA Y DISEÑO

MUNICIPIO DE CALDAS

BOYACÁ

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

TRAMO 1 VEREDA QUIPE SECTOR TIERRA NEGRA

CALDAS, OCTUBRE DE 2024

Elaboró	Nombre del profesional	EDINSON JAVIER VELANDIA PLATA,
	Firma	
	Profesión	Ingeniero Civil Especialista estructuras
	Matricula Profesional	M.P. 68202-276152 STD,

Versión	Fecha
Versión 1.0	Octubre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 5
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 6
3. ALCANCE DEL ESTUDIO 7
4. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO 8
5. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTO 10
   5.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA 10
      5.1.1. Mecanismo de falla de placa – huella 11
      5.1.2. Efecto del clima 11
      5.1.3. Tránsito de diseño 11
      5.1.4. Subrasante y capas granulares 12
      5.1.5. Espesor de placa – huella 12
6. DEFINICIÓN DE VARIABLES DE DISEÑO 13
   6.1. TRÁNSITO Y PERIODO DE DISEÑO 13
      6.1.1. Transito promedio diario TPD 13
      6.1.2. Periodo de diseño y vida útil 14
   6.2. FACTORES AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS 15
6.2.1. Precipitación 15
   6.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS 16
7. DISEÑO DE PLACA HUELLA EN CONCRETO REFORZADO 19
   7.1. ESQUEMA EN PLANTA, PERFIL Y DETALLLES 19
   7.2. VIGAS RIOSTRAS 21
      7.2.1. Dimensiones y Refuerzos 21
   7.3. PIEDRA PEGADA 23
   7.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA BERMA CUNETA Y BORDILLO 24
   7.5. LOSA DE TRANSICIÓN 25
8. MODELO ESTRUCTURAL CONSTRUCTIVO 27
9. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN 27
   9.1. CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA 28
      9.1.1. Capas granulares (Subbase granular) 28

9.1.2. Vigas Riostras 29
9.1.3. Concreto de 3000 psi para placa, cunetas y riostras 29
9.1.4. Concreto ciclópeo 29
10. CONCLUSIONES GENERALES 30
11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO 33

1. GENERALIDADES

El diseño de un pavimento tiene como función brindar toda la información necesaria para que, en la etapa de ejecución y construcción de la obra vial, el constructor disponga de un diseño estructural donde se plasman los espesores, especificaciones y disposición de cada uno de los materiales necesarios para llevar a cabo de manera satisfactoria la construcción de la estructura de pavimento.

Con el diseño de la estructura se busca definir los espesores y materiales más apropiados que pueden ser colocados de acuerdo a las condiciones del proyecto y que constituirán la estructura de pavimento. Además, lograr diseñar una estructura que sea cómoda, funcional, segura, económica y que cumpla técnicamente con la normatividad vigente.

Como parte del programa de mejoramiento de la malla vial municipal, la actual administración del municipio de Caldas en cabeza de su alcalde y con el apoyo de la secretaria de planeación, han venido adelantando las actividades correspondientes alas etapas de planificación y diseños para el mejoramiento del tramo vial del sector Tierra Negra en la vereda Quipe, con una intervención estimada de 1200 metros, con el fin de obtener la información técnica para realizar los diseños y posterior construcción de las estructuras de pavimento tipo placa huella.

En el presente documento se presenta un análisis y condiciones mínimas para el diseño estructural de pavimento para el tramo vial del área rural de Caldas, los lineamientos a los que se rige cada uno de los parámetros de diseño se encuentran definidos por el Ministerio de Transporte y el INVIAS.

Finalmente, se presentan recomendaciones técnicas, en especial en el proceso constructivo que contribuyan durante el proceso de obra para mitigar inadecuadas interpretaciones del diseño o inadecuadas prácticas de ingeniería que disminuyen la vida útil del pavimento.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente diseño tiene como objetivo definir la estructura de pavimento tipo placa huella para el tramo vial proyectado en la vereda Quipe (Sector tierra Negra) del municipio de Caldas partiendo de un análisis de variables o parámetros de diseño relacionadas con la capacidad portante y propiedades geomecánicas de la subrasante, factores climatológicos y ambientales, además de la variable de tránsito importante para definir las solicitudes de carga a las cuales se verá enfrentada la estructura de pavimento.

Siguiendo las especificaciones y parámetros de diseño dispuestos en cada una de las normativas aplicables a este tipo de proyectos, se logrará el planteamiento de una estructura que satisfaga la demanda vehicular del tramo vial proyectado y que permita a los usuarios transitar en términos de comodidad y seguridad.

Además, de brindar los planos necesarios en el que se evidencien la distribución de cada uno de los elementos que conformarán el pavimento que será construido en el Sector Tierra Negra con una longitud proyectada de 1200 metros del municipio de Caldas.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

A partir de la información primaria y secundaria recolectada dentro de las actividades de la presente consultoría, se realizará un análisis de las variables con el fin de proponer un diseño estructural de pavimento que permita el uso cómodo, funcional y seguro de los habitantes del municipio de Caldas y del departamento en general que hacen uso de las vías terciarias, teniendo en cuenta la articulación con los componentes de: hidrología, tránsito y geotecnia principalmente.

El presente diseño estructural tiene como alcance definir una estructura de pavimento óptima para las condiciones a las que estará expuesto el tramo vial proyectado en zona rural del municipio de Caldas, Boyacá, mejorando las condiciones de transitabilidad del sector, así como la calidad de vida de los habitantes cuando se lleve a cabo la construcción del mismo y permitiendo la conectividad de las diferentes veredas, con el casco urbano del municipio.

Los estudios y diseños para la construcción del tramo de placa huella se realizaron sobre el tramo vial de la vereda Quipe y su sector Tierra Negra el cual suma un total 1200 metros de longitud, con coordenadas K0+000 (N 1105440.14, E 1018694.46) y K0+1200 (N 1106448.41, E 1019235.98 tramo de vía terciaria en el cual se tiene proyectado el mejoramiento a su infraestructura vial mediante estructura de placa huella con sus respectivas obras de drenaje y señalización vial, de acuerdo con la normatividadvigente estipulada por el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías - INVIAS.

4. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El municipio de Caldas está ubicado en el departamento de Boyacá, en la Provincia de Occidente, sobre la cordillera oriental. Cuenta con una extensión aproximada de 88 kilómetros cuadrados. Se halla a 5°. 33' 24' de Latitud Norte y a 73° 52' 08" de Longitud Oeste. Está situado a 90 km de la ciudad de Tunja capital del departamento y a 9 km de la ciudad de Chiquinquirá cabecera de la provincia. Limita por el norte con Chiquinquirá, Pauna y Caldas; por el sur con Simijaca; por el Oriente con parte de Chiquinquirá y Simijaca y por el Occidente con Buenavista y Maripi,

En la figura 1 se presenta la localización general del municipio de Caldas con los demás departamentos que hacen parte de la provincia de occidente de la cual hace parte.

Fuente: propia

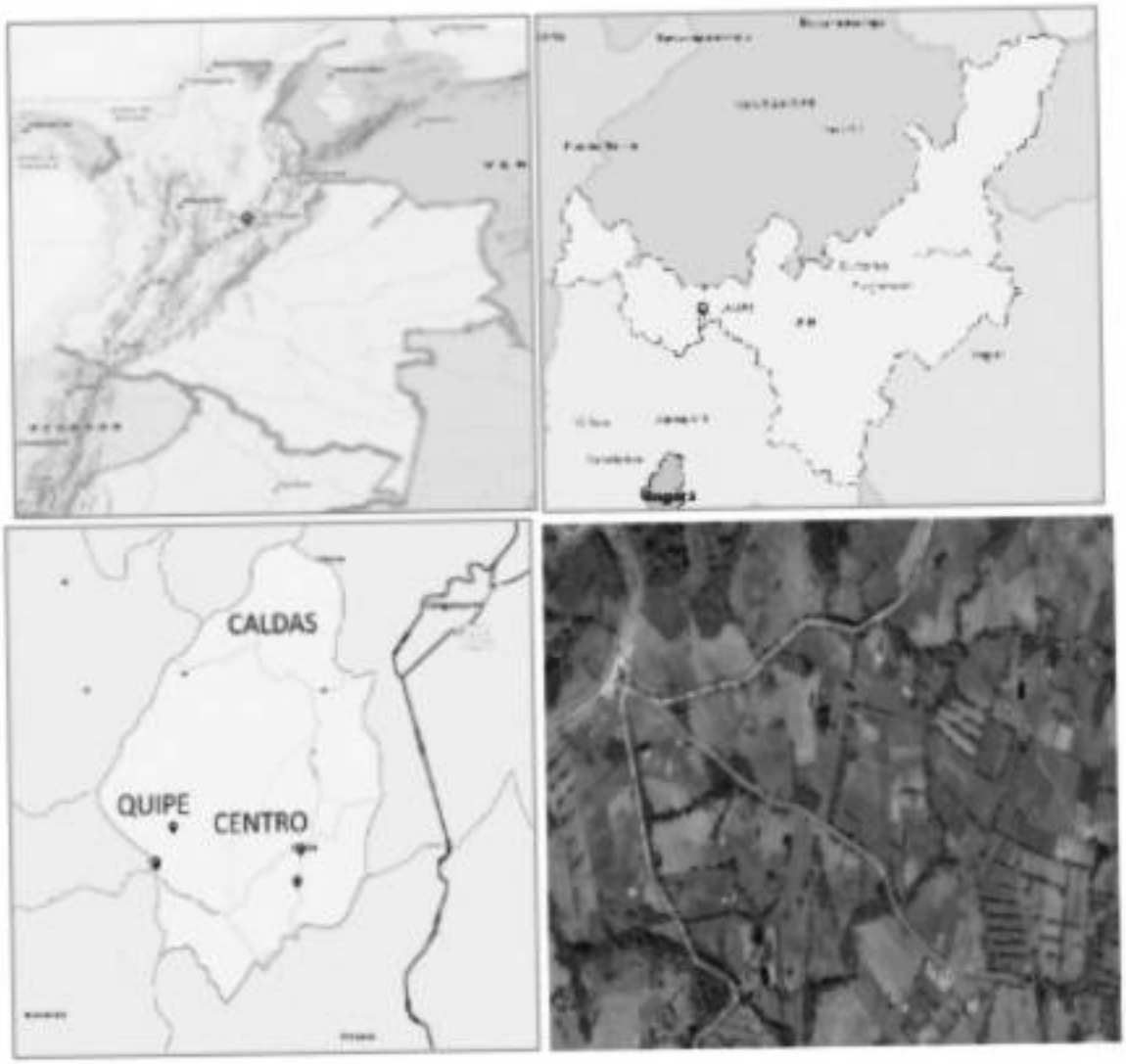


Ilustración 1 localización Tramo Tierra Negra VDA Quipe



Ilustración 2 localización exacta

El tramo objeto de análisis se encuentra ubicado en la vereda Quipe sector Tierra negra del municipio, en donde está proyectado evaluar un (1) tramo de 1200 metros de longitud, definido según las necesidades planteadas por la comunidad y la proyección de la actual administracióndel municipio; dichas estructuras de pavimento están proyectadas en esta área rural en donde el mal estado a su infraestructura son características.

El proyecto contempla la construcción de estructuras de placa huella con sus correspondientes obras de drenaje transversales y longitudinales en el tramo vial definido según características del terreno y necesidades del municipio de Caldas

5. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTO

El diseño estructural de pavimento para placa-huella tiene como función brindar toda la información necesaria para que, en la etapa de ejecución y construcción de la obra vial, el constructor disponga de un diseño estructural donde se plasman los espesores, longitudes dimensiones, especificaciones y disposición de acero de refuerzo necesario para llevar a cabo de manera satisfactoria la construcción de la estructura de pavimento en placa-huella.

En el presente capítulo se presentará la descripción de los criterios necesarios para llevar a cabo un diseño estructural de pavimento eficiente que satisfaga las necesidades de la comunidad para el tramo proyectado en la vereda Quipe (sec Tierra Negra) del municipio de Caldas, siguiendo las recomendaciones de la normatividad vigente, indicadas por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS y el Ministerio de Transporte.

5.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA

Las estructuras de pavimento de tipo Placa – Huella, en Colombia constituyen una solución para vías terciarias de carácter veredal primordialmente, las cuales presentan bajos volúmenes de tránsito, compuesto en su mayoría por automóviles y motocicletas, además de estas características es importante tener definidos una serie de atributos propios de estas estructuras como son:

- Brinda condiciones de circulación satisfactorias durante prolongados periodos de servicio.

- Disminución de acciones de mantenimiento, acudiendo estrictamente a labores de limpieza de obras de drenaje y vegetación aledaña.

- Adaptación a la geometría existente, lo cual tiene implícita un control den la accidentalidad debido a las velocidades mínimas que se pueden desarrollar por la rugosidad de la superficie.

- Reducción de costos de construcción y mantenimiento comparado con otros tipos de pavimento.
- Posibilidad de uso de materiales y mano de obra local, fomentando la generación de empleo.

A continuación, se presenta una descripción general del proceso metodológico y de los criterios necesarios para desarrollar un diseño estructural de pavimento eficiente que satisfaga las necesidades de la comunidad en el tramo vial proyectado en la vereda Quipe del municipio de Caldas.

5.1.1. Mecanismo de falla de placa – huella

El mecanismo de respuesta a los esfuerzos producidos por el eje de un vehículo que se desplaza sobre la superficie de un pavimento con placa – huella es radicalmente diferente al mecanismo de respuesta de un pavimento flexible o rígido constituido por losas de grandes dimensiones. En los pavimentos con placa – huella por ser rígidos y además reforzados, la influencia de la rigidez del apoyo es despreciable después de que cumpla con una serie de requisitos mínimos.

En los pavimentos con placa – huella que son estructuras de concreto reforzado, las cuales pueden asimilarse a una estructura de edificio, la falla estructural se produce por la aplicación de una carga que produzca esfuerzos que superen la resistencia ultima de los elementos de refuerzo, aunque las cargas pueden ser menores, no es viable el uso de concreto simple sin refuerzo, dado que es incierto el control de fallas por factores ambientales como la erosión, debido a sus pequeñas dimensiones.

Es por esta razón que el diseño de pavimento tipo placa huella se hace como una estructura de concreto reforzado totalmente apoyada sobre el suelo de soporte, para el presente caso se emplea una capa de sub base granular SBG, además está constituida por placas y vigas riostras que trabajan de manera monolítica y presentan un mecanismo de falla por carga ultima. Por lo cual si un vehículo con un peso que supere la resistencia ultima circula así sea una única vez, se producirá inmediatamente la ruptura de todas las placas y el consecuente fallo estructural.

5.1.2. Efecto del clima

Los parámetros del clima que se deberán considerar y que afectan el comportamiento del pavimento son la temperatura y la precipitación fundamentalmente. La temperatura tiene influencia en los esfuerzos de alabeo. Por las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención significativa. Por otra parte, la precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como berma – cuneta, alcantarillas, aliviaderos y subdrenes.

5.1.3. Tránsito de diseño

Lo relevante en la variable tránsito para el diseño de estructuras de placa huella, es la selección del vehículo de diseño, puesto que de este depende el peso y configuración del eje de referencia y la adecuación geométrica que se le debe construir a la vía para que dicho vehículo pueda circular adecuadamente en condiciones de seguridad y comodidad.

En este orden de ideas de acuerdo con la demanda del sector de proyecto, el mínimo razonable sería la elección del camión C – 2 con un eje trasero sencillo de once (11) toneladas, dedicando especial atención a la adecuación de zonas de sobre ancho en curvas de deflexión grande y radio pequeño, estas adecuaciones serían las mismas requeridas por un camión tipo C – 3 puesto que su longitud es muy similar al anterior.

Teniendo en cuenta que la falla en placa – huella se produce por carga ultima y que un único paso de un vehículo superior podría ocasionar la destrucción de las placas, por lo cual el eje de referencia para el diseño estructural del pavimento constituido por una sucesión ordenada de placas y riostras será el eje tándem de 22 toneladas de un camión C–3. El diseño debe ser tal que al desplazarse el vehículo o se produzcan esfuerzos mayores que generen fracturas.

5.1.4. Subrasante y capas granulares

En diferentes investigaciones de análisis de sensibilidad para pavimentos de placa – huella, se ha logrado establecer que la cuantía de acero y la longitud, ancho y espesor de la placa huella y de la riostra no son sensibles a la rigidez de la superficie de apoyo (Subrasante – subbase granular).

Por esta razón se adopta un espesor único de 0.30 m para la capa de Subbase granular SBG aplicable para el tramo proyectado, la función principal de esta capa es contribuir a lograr la uniformidad de la superficie de apoyo de las placas, así como disponer de una superficie de trabajo limpia y uniforme que permita garantizar las cotas de trabajo.

Este espesor será suficiente y aplicable cuando el suelo de fundación corresponde a suelos con CBR ≥ 3,0%, en el caso de encontrar suelos con valores de resistencia inferiores se requerirá la adopción de un proceso de mejoramiento o estabilización para obtener la fundación óptima.

5.1.5. Espesor de placa – huella

El espesor requerido de concreto para para soportar los esfuerzos producidos por el eje de diseño es de magnitud inferior, pero por facilidad constructiva y para garantizar el adecuado recubrimiento de la armadura de acero se adoptó un espesor final de 0.20 m el cual es adecuado para soportar el paso en repeticiones continuas del eje tándem del camión de diseño, esto para el tramo proyectado; debido a la magnitud del tránsito que circula por la zona, sin que esto signifique una disminución en el comportamiento adecuado de la estructura, ante las cargas impuestas por el tránsito.

6. DEFINICIÓN DE VARIABLES DE DISEÑO

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fueron concebidos, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad optimas, con un costo apropiado. En un diseño de pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad desoporte del suelo, el transito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo dediseño, las condiciones climáticas y los materiales con los cuales será construida.
Un aspecto a tener en cuenta en la definición de las variables de diseño, es la metodología de diseño aplicable, recordando que en el presente proyecto se evaluara tramo en pavimento tipo placa huella. En este orden de ideas se seguirán los lineamientos generales estipulados por el Ministerio de Transporte y por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, y la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructura Viales.

6.1. TRÁNSITO Y PERIODO DE DISEÑO

Esta variable tiene como objetivo la definición del número acumulado de ejes simples de 8.2 toneladas que circularan por el carril de diseño durante el periodo de diseño definido, siendo este uno de los parámetros fundamentales, aunque en el mismo se puede permitir cierto grado de incertidumbre en su estimación.

6.1.1. Transito promedio diario TPD

El transito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitará el pavimento. Este es obtenido a partir de conteos en secciones o tramos de vía en los cuales se considera ocurren volúmenes vehiculares considerables, con el fin de verificar condiciones de operación.

Tabla 1. TPD Tramo Quipe

TPDS										
TIPO	AUTOS	MOTOCICLETAS	BUSES	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TOTAL MIXTOS
VOLUMEN TOTAL	128	180	6	28	3	0	0	0	0	345
	37%	52%	2%	8%	1%	0.0%	0%	0%	0%	100%

Volumen Total Aforado	345
TPD	115

6.1.2. Periodo de diseño y vida útil

Los pavimentos se diseñan para que duren un determinado número de años dependiendo del tipo de estructura definida y de algunas condiciones de tipo económicas, el periodo de diseño será entonces el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función del tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entrono empiecen a presentar alteraciones fuera de proporción.

Por otra parte, la vida útil del pavimento hace referencia al tiempo que trascurre desde la construcción hasta el momento que se alcanza el mínimo de serviciabilidad, en este caso el periodo de diseño será igual a la vida útil.

Para el presente proyecto al tratarse de una vía con superficie de rodadura claramente definida la cual se considera va a tener una intensidad de tránsito baja, el periodo de diseño será definido como 10 años para cualquier tipo de análisis estructural, tiempo en el cual se considera que el tramo vial diseñado prestará condiciones de servicio adecuadas, teniendo en cuenta siempre que se debe procurar realizar mantenimiento a las obras de drenajes en las zonas laterales.

6.2. FACTORES AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS

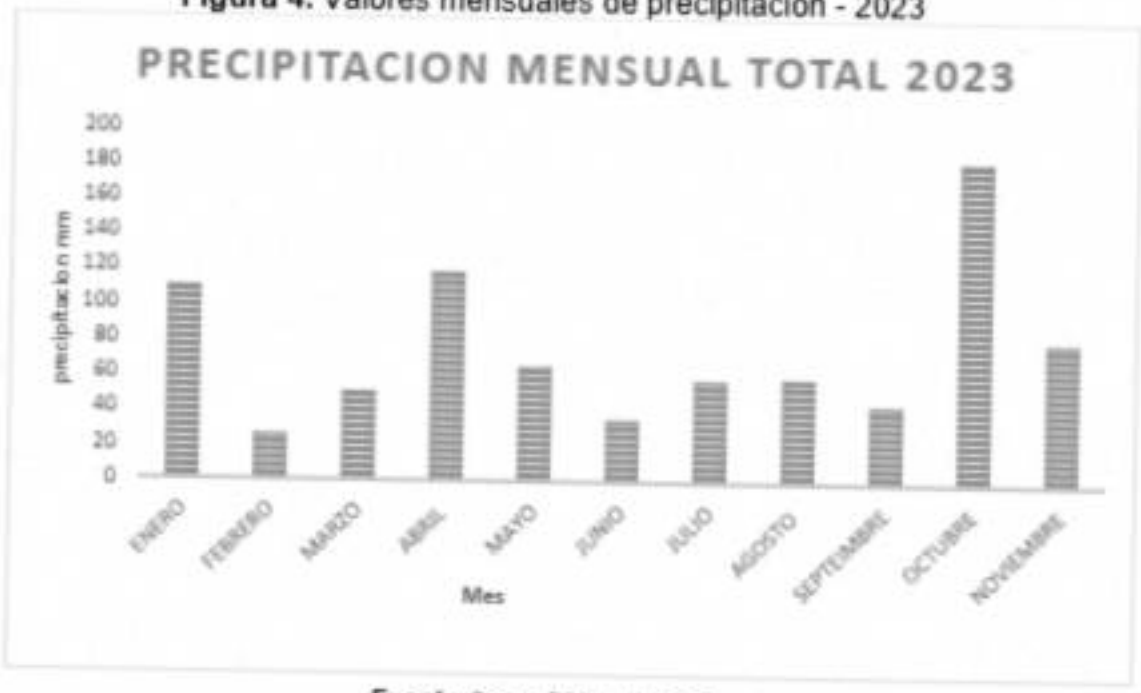
Los parámetros del clima de la zona del proyecto que inciden en el comportamiento de la estructura de pavimento son fundamentalmente la temperatura y la precipitación. La temperatura en un pavimento de concreto y de igual manera en una placa huella, se refleja en los esfuerzos de alabeo. La precipitación se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje como son cunetas, sumideros y pozos de recolección de aguas.

6.2.1. Precipitación

Para el Municipio de Caldas, de acuerdo con las precipitaciones registradas por el IDEAM para el año inmediatamente anterior 2023, se registraron un total de 869.4 mm de precipitación, a lo largo de los 12 meses del año.

Los meses en los que se presenta tiempo seco predominante corresponden a los meses de enero y febrero con registros promedio de 25.7 mm, además del mes de enero, marzo, abril, mayo, junio no se registraron lluvias. En cuanto a los meses de mayores lluvias se tiene el mes de abril y octubre ampliamente con 118.3 mm y 183.1mm, los meses en los cuales se presentan mayores valores de precipitación.

Figura 4. Valores mensuales de precipitación - 2023



Fuente: Propia (IDEAM Caldas)

6.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

La subrasante es la fundación de la estructura de un pavimento; por lo tanto, es necesario conocer su resistencia de diseño, con el fin de determinar el dimensionamiento de la estructura y predecir su comportamiento estructural y funcional ante las solicitaciones de las cargas impuestas por el tránsito.

Anteriormente se realizó la caracterización geotécnica de la subrasante de la zona de proyecto; por lo cual se definirá una unidad homogénea de diseño independiente; sin embargo, para fines de análisis de información, en el presente capítulo se presentan las principales propiedades de la subrasante para el presente proyecto.

Se encuentra con una subrasante en promedio para los 4 apiques de 10 a 20 cms de material tipo afirmado con presencia de material orgánico, posteriormente con una capa de 10cm de material granular limo con arena, de color cafe claro de bajo potencial de expansión, y de baja plasticidad resistencia seca baja, dada esta condición y siguiendo el suelo común hallado, se determina al suelo GP-ML, limo de baja plasticidad como suelo predominante y base para el presente estudio de suelos.

Tabla 3. Resumen Apique No. 1,2,3 Y 4

Ilustración 3 Perfiles geotécnicos

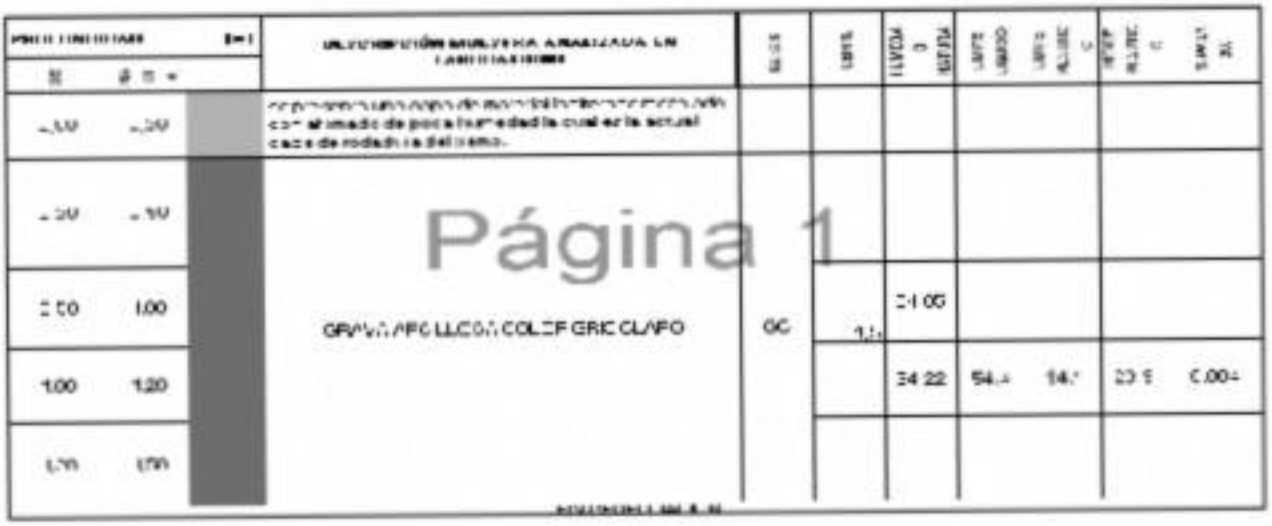
APIQUE1

PROFUNDIDAD (m)			DESCRIPCIÓN MUESTRA ANALIZADA EN LABORATORIO	S.U.C.S	CBR %	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	% PASA 200
DE	HASTA									
0,00	0,20		Se presenta una capa de material mejorado mezclado con afirmado de poca humedad la cual es la actual capa de rodadura del tramo.							
0,20	0,50		Página 1			17,05	24	17,1	6,9	0,05
0,50	1,00		SUELO FOCOSO METEORIZADO DE COLOR OLOR CAFÉ FLERTE MATRIZARCILLOSA, COMPACTA DE COLOR CAFÉ	GP-GC	5,35	17,25				
1,00	1,20									
1,20	1,50									

APIQUE 2



APIQUE 3



APIQUE 4



Fuente: Propia

La unidad de diseño se caracteriza por presentar una estratigrafía muy homogénea en donde se identifican los estratos más representativos. La estratigrafía se caracteriza básicamente por la presencia de dos (2) estratos de materiales.

Como primer estrato se encuentra un depósito antrópico definido como un material de afirmado de 5 a 20 centímetros de espesor compuesto por un suelo clasto soportado (60% clastos, 40% matriz), el cual está constituido por clastos angulares de tamaño gravas, guijos y guijarros embebidos en una matriz fino arenosa de coloración marrón de plasticidad alta y compacidad densa. Seguidamente se encuentra hasta los 1.5 metros de profundidad una roca blanda de la Formación Volcánica correspondiendo al grado IV del perfil de meteorización de Dearman (1974) de tonalidades cafés, de textura de grano fino a media, de permeabilidad cualitativa baja en el cual se realizó en ensayo de CBR insitu

La capacidad de soporte del suelo determinada mediante el ensayo de PDC, arroja valores de 9.35%, 6.6%,4,5 y 9.5%, para un CBR promedio de 7.5% lo que indica que para este sector no será necesario ningún manejo de subrasante, dado que este presenta una buena resistencia para el proyecto vial del municipio.

Teniendo en cuenta las propiedades descritas anteriormente se define una (1) única unidad de diseño homogénea de manera independiente, para las cuales el parámetro fundamental de decisión corresponde a la localización del tramo vial proyectado.

Tabla 4. Tramo homogéneo de diseño

Tramo Homogéneo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud [m]
No. 1	*K0 + 000*	*K0 + 1200*	*1200*

Fuente: Componente geotécnico

A continuación, se presentan los parámetros de resistencia de diseño, aclarando que es a criterio del diseñador estructural, en conjunto con el constructor y supervisor, la adopción del valor de diseño de acuerdo con las necesidades que se plantee.

Tabla 5. Parámetros de resistencia

Tramo Homogéneo	Tramo Quipe
Capacidad de Soporte, CBR (%)	7.5

Fuente: Componente geotécnico

7. DISEÑO DE PLACA HUELLA EN CONCRETO REFORZADO

El diseño de la Placa huella reforzada, establece que los efectos derivados de la disminución de la longitud de la placa, mejores condiciones de apoyo o mayor ancho de la huella permiten una leve disminución de los esfuerzos en los elementos, que mejoran las condiciones de seguridad, pero no ameritan el cambio del refuerzo de la misma. Por lo anterior la placa-huella tendrá las siguientes características:

Longitud - La longitud de la placa huella deberá tener un valor máximo de tres metros (3.00 m), para este caso se adoptara de 2.8m

$$L = 2.8\ m$$

Ancho – Para la placa huella se deberá garantizar un ancho de noventa centímetros (0.90 m):

$$B = 0.90\ m$$

Espesor - El espesor será igual para el caso de cualquier ancho de placa huella anteriormente descritas y será de veinte centímetros (0.20 m).

$$e = 0.20\ m$$

Refuerzo longitudinal - Una varilla #3 cada veinte centímetros

$$Longitudinal = 1\#3\ @0.20\ m$$

Refuerzo transversal - Una varilla #3 cada veinte centímetros

$$Transversal = 1\#3\ @0.20\ m$$

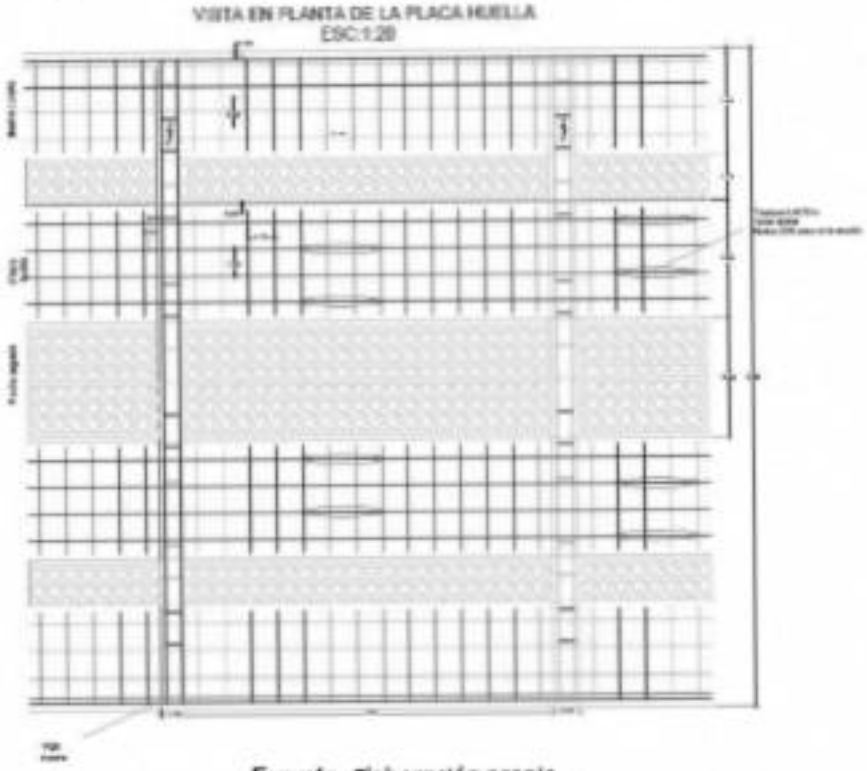
7.1. ESQUEMA EN PLANTA, PERFIL Y DETALLLES

Además, la longitud de traslape de las barras No. 3 es de mínimo 0.50 m (cincuenta centímetros) y deberá colocarse en el tercio central de la losa, con lo cual se tiene un recubrimiento inferior de cinco centímetros (0.05 m).

Para el caso en que se presenten losas trapezoidales, como en curvas y sobreanchos, se recomienda mantener esta distribución y tipo de refuerzo.

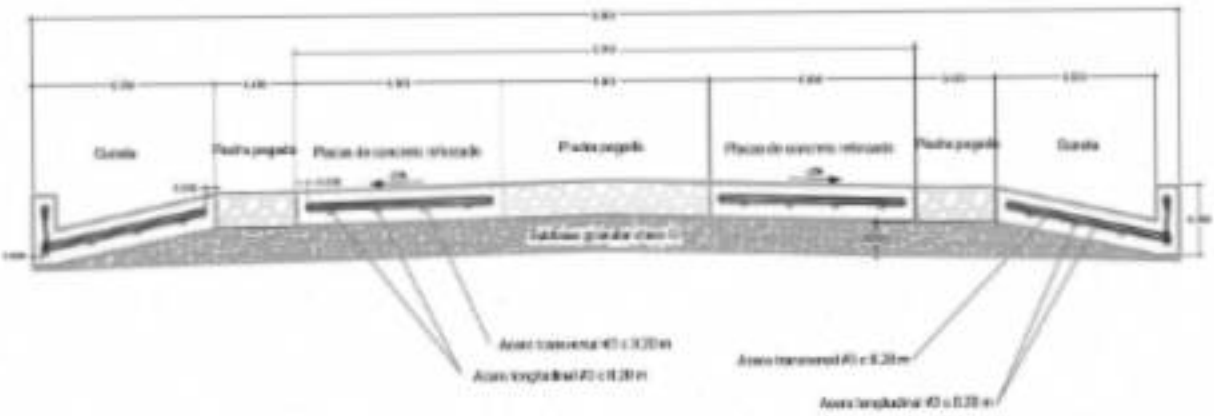
En la figura 7 se observa la distribución de acero de refuerzo desde el corte transversal teniendo en cuenta, el bordillo, la berma-cuneta y la placa huellas de manera general, de igual manera en la figura 8 se evidencia la separación y numero de refuerzo desde un corte longitudinal en el que se observa la interacción con el acero que conforman las riostras.

Figura 7. Distribución de acero de refuerzo en planta



Fuente. Elaboración propia

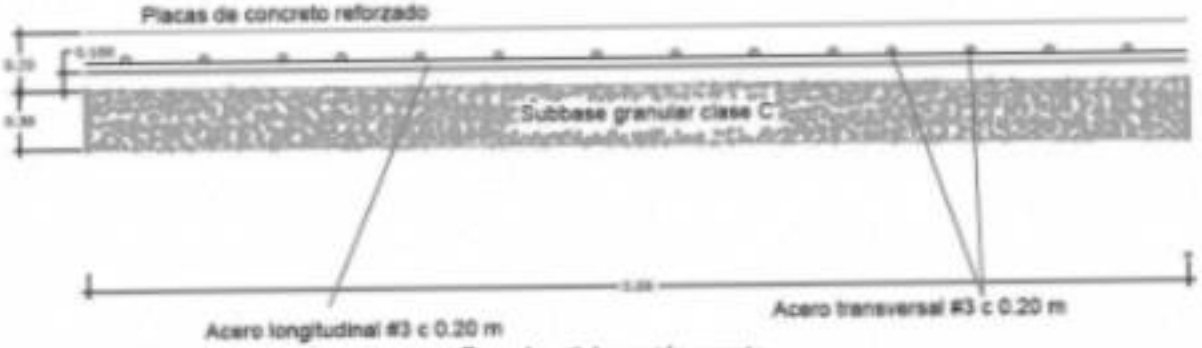
Figura 8. Distribución de acero corte transversal



Fuente. Elaboración propia

Figura 9. Distribución de acero corte longitudinal

SECCIÓN LONGITUDINAL DE PLACA HUELLA
ESC:1:20



Fuente. Elaboración propia

7.2. VIGAS RIOSTRAS

La riostra es una viga transversal de concreto reforzada, que se funde sobre la subbase monolíticamente con las placas huellas. Estas vigas tienen como finalidad confinar en espacios uniforme longitudinal y transversalmente las estructuras como son las placas huellas, la piedra pegada, la berma cuneta y el bordillo.

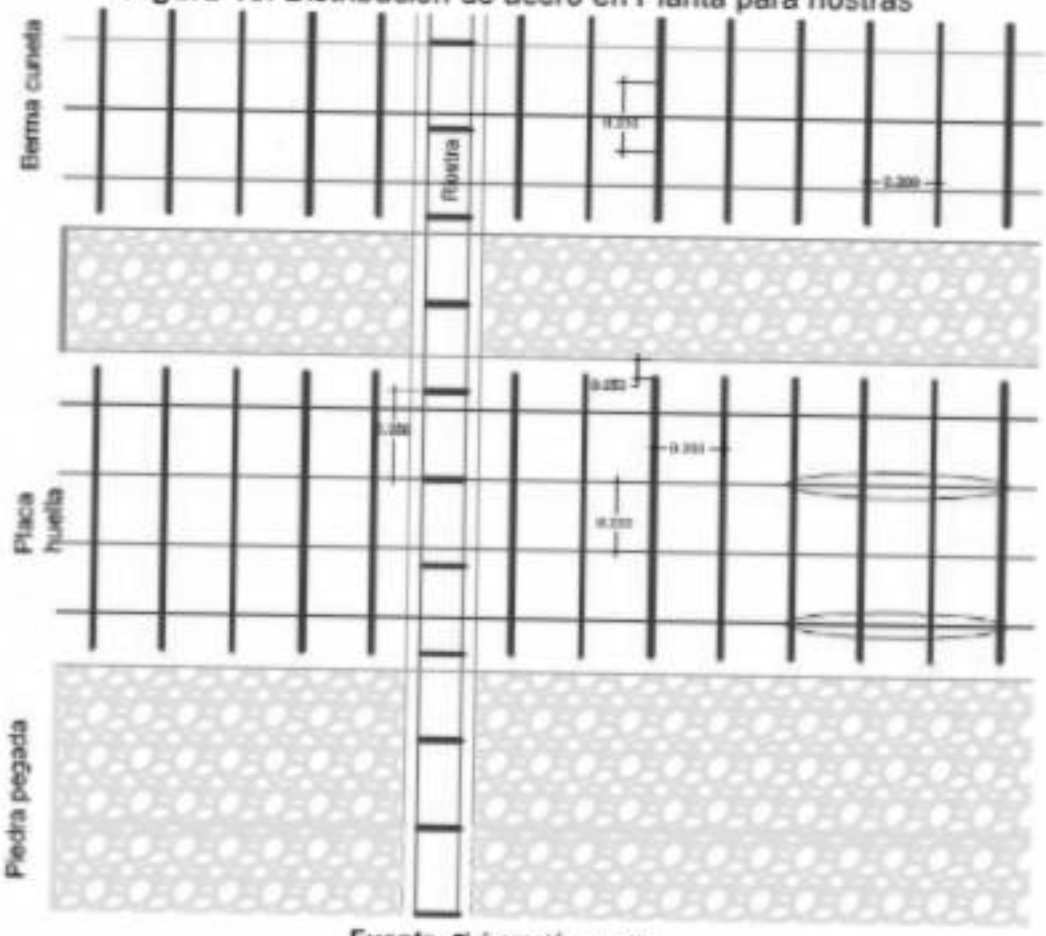
7.2.1. Dimensiones y Refuerzos

El diseño estructural de las riostras debe cumplir con los siguientes parámetros mínimos:

- **Longitud máxima:** 5.00 metros
- **Ancho de riostras:** 0.20 metros
- **Peralte de la riostra:** 0.25 metros
- **Refuerzo longitudinal:** cuatro varillas #3 (4#3)
- **Estribos:** Una varilla número 3 cada veinticinco centímetros (1#3 @0.25 m)

Igualmente, en las figuras 10 a 12 se plasman el distanciamiento y tipo de acero de refuerzo a utilizar para la conformación de las riostras de confinamientos en diferentes perspectivas (longitudinal, planta y transversal).

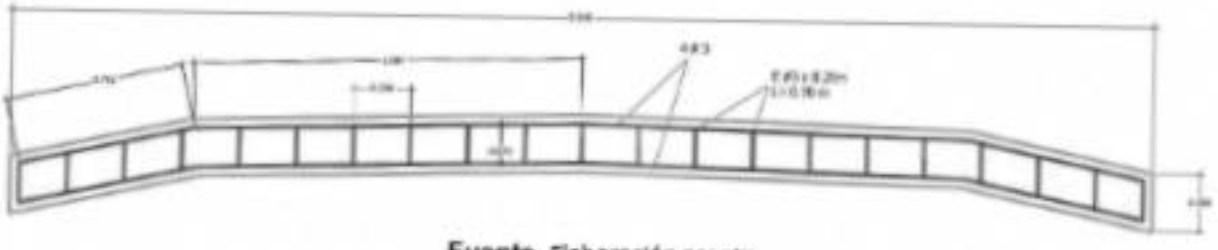
Figura 10. Distribución de acero en Planta para riostras



Fuente. Elaboración propia

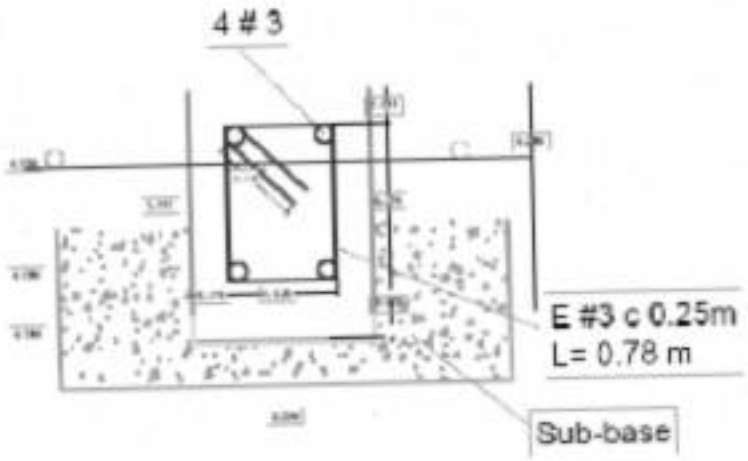
Figura 11. Distribución de acero corte longitudinal para riostras

SECCIÓN LONGITUDINAL VIGA RIOSTRA
ESC: 1:20



Fuente. Elaboración propia

Figura 12. Distribución de acero corte transversal para riostras



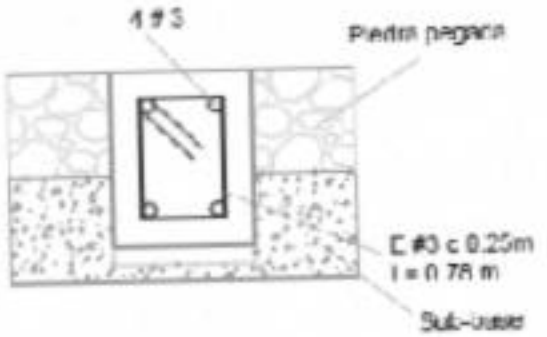
Fuente. Elaboración propia

7.3. PIEDRA PEGADA

La principal función de la Piedra Pegada es la disminución de costos en la construcción de pavimentos en Placa-huella reforzada, por ende, esta no tiene capacidad estructural por lo tanto no requiere mecanismo de transmisión es esfuerzo con los otros elementos del pavimento en Placa-huella.

El concreto simple empleado para la piedra pegada debe tener una resistencia a la compresión de 14 MPa de acuerdo a lo estipulado en la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales Programa Colombia Rural y demás normatividad vigente.

Figura 13. Sección transversal piedra pegada



La Piedra Pegada deberá colocarse sobre la subbase granular una vez se encuentre fundida y fraguada la Placa-huella, Riostra y/o Berma Cuneta circundante. Se colocará

una capa de concreto simple de cinco centímetros (0,05 m) de espesor directamente sobre la subbase para luego colocar manualmente el agregado ciclópeo distribuyéndolo uniformemente. A continuación, se colocará el resto del concreto simple y finalmente se deberá completar el concreto ciclópeo.

En todo caso se deberá cumplir con la relación de 60% de concreto simple y 40% (Volumen absoluto) de agregado ciclópeo y buscar siempre que la capa quede lo más uniforme posible.

7.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA BERMA CUNETA Y BORDILLO

Teniendo en cuenta que la berma cuneta, tendrá los mismos esfuerzos que la placa huella en situaciones donde el vehículo se estacione a un lado de la vía o tenga que usar la berma – cuneta para permitir el paso de otro vehículo que circule en dirección opuesta, la distribución será la misma a la de la placa huella. Entonces tendremos una distribución como esta:

- **Ancho de la cuneta y bordillo**

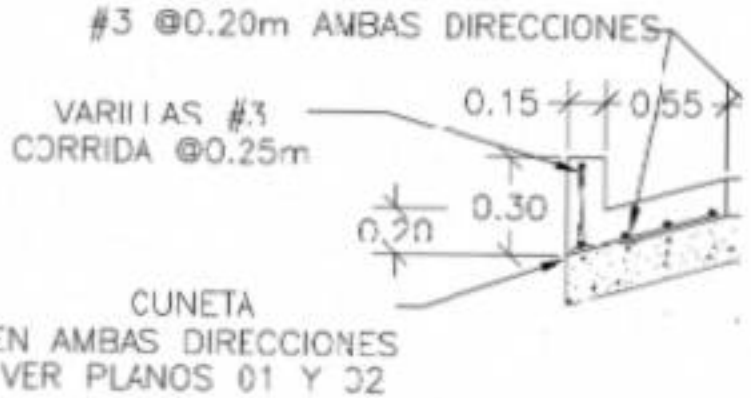
El ancho de la cuneta es setenta centímetros (0.70 m), incluyendo 0.55 m de cuneta y ancho del bordillo quince centímetros 0.15m.

En el caso de entradas a predios o intersecciones se definirá una cuneta de forma trapezoidal con un ancho total igual de 0.70 m.

- **Profundidad cuneta**

La profundidad de la cuneta es de veinte centímetros (0.20 m)

Figura 14. Sección de berma cuneta



- **Refuerzo longitudinal cuneta**

Una varilla continua No.3 cada veinte centímetros (1#3@0.20).

- **Refuerzo transversal cuneta**

Una varilla No.3 cada veinte centímetros (1#3@0.20).

- **Refuerzo longitudinal bordillo**

Tres varillas continuas No.3 (3#3).

- **Refuerzo transversal bordillo**

Una varilla No.3, L= 0.38 m, cada veinte centímetros (1#3@0.20).

7.5. LOSA DE TRANSICIÓN

De acuerdo a la metodología de diseño implementada se adopta el diseño con las siguientes dimensiones y refuerzo:

- **Longitud de rampa**

La longitud de la rampa es de tres metros (1.80 m)

- **Ancho de Losa reforzada**

tres metros con sesetna centímetros (3.60 m)

- **Espesor de Losa**

El espesor de la losa es quince centímetros (0.20 m)

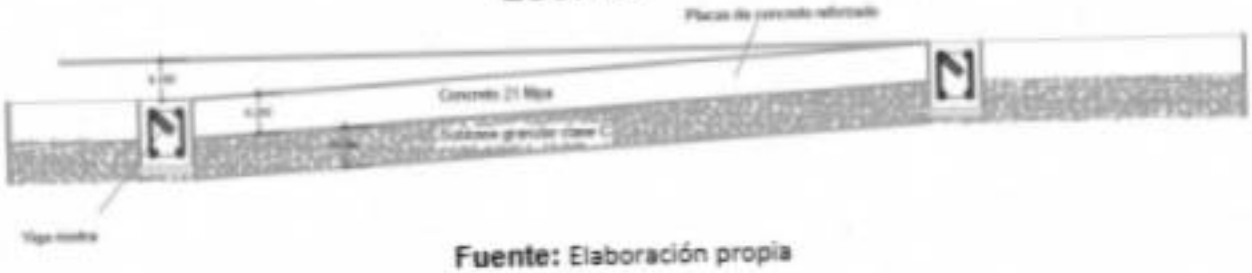
- **Refuerzo Longitudinal**

Una varilla continua No.3 cada veinte centímetros (1#3@0.20).

- **Refuerzo Transversal**

Una varilla No.3, cada treinta centímetros (1#3@0.20).

Figura 15. Corte Losa de Transición



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Planta y Refuerzo Losa de Transición



Fuente: Elaboración propia

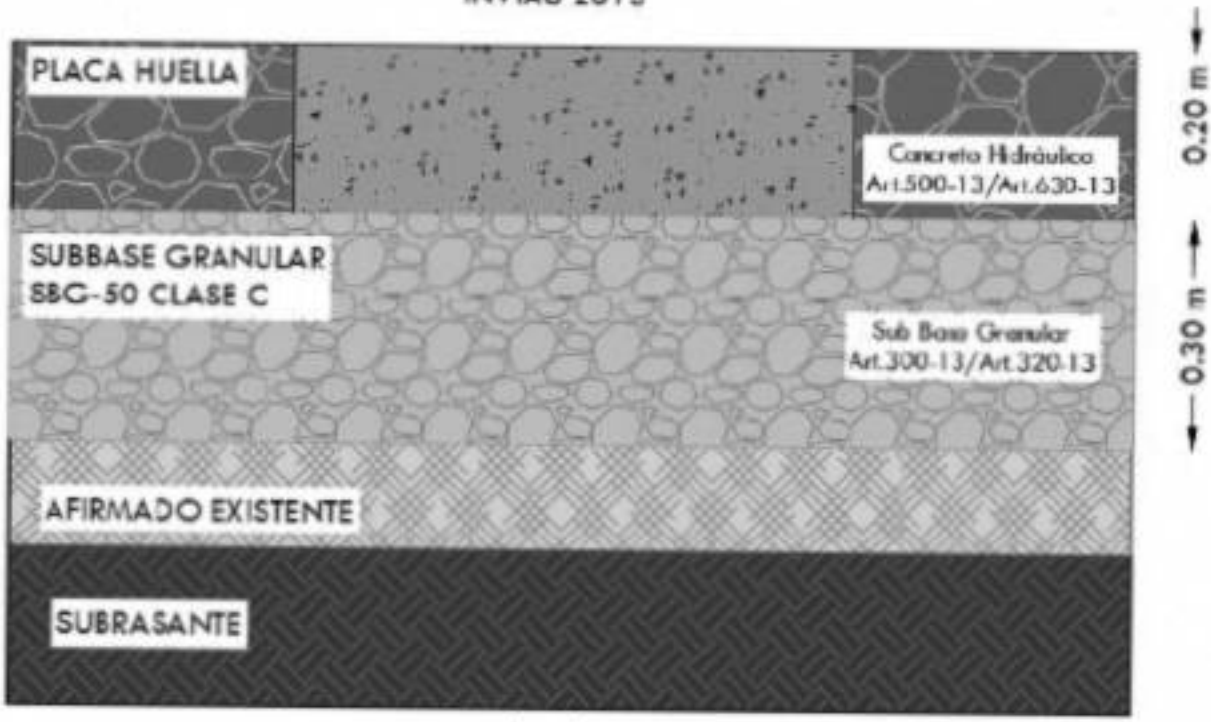
8. MODELO ESTRUCTURAL CONSTRUCTIVO

Una vez realizado el respectivo análisis de la estructura, se tiene el resultado final del diseño que corresponde a un modelo estructural definitivo el cual será fundamental parala construcción de la estructura de pavimento tipo placa huella, toda vez que cumple conlas condiciones aplicables al proyecto.

Haciendo claridad que los tramos de vía a intervenir, tendrá su construcción en pavimento tipo placa huella, luego de hacer los respectivos comparativos en cuanto a costos y factibilidad y localización en diferentes veredas del municipio, estableciendo esta estructura la más adecuada al proyecto de mejoramiento vial del municipio de Caldas.

Figura 17. Modelo constructivo definitivo

Pavimento Placa Huella
Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras
INVIAS 2013



Fuente. Propia

9. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

El presente diseño estructural de pavimento es uno de los estudios preliminares que haceparte de los requerimientos exigidos durante para la etapa de pre-inversión del presenteproyecto de pavimentación en estructura de placa huella en la vereda Quipe

sector Tierra Negra del municipio de Caldas, por lo cual el mismo se realizó de acuerdo a las características específicas del área donde se va a implantar el proyecto de acuerdo con los requisitos vigentes y especificados por el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

El diseño recomendado de estructura de pavimento consiste en un pavimento tipo Placa Huella de acuerdo a las necesidades y preferencias declaradas por la administración municipal dentro de las actividades contratadas, para dar una seguridad en la circulación,lo cual además de garantizar una mejor movilidad, brindara un aspecto más funcional a las vías rurales y corredores productivos y al municipio en general.

En este apartado se realizan una serie de recomendaciones que se deberán seguir durante la construcción y que serán aspectos especiales que deberá tener en cuenta el supervisor o interventor delegado, con el fin de garantizar que la obra se ejecute con la mayor calidad, dentro de los plazos estipulados, brindando el beneficio buscado para el municipio.

En cuanto al confinamiento de la estructura de pavimento se propone la colocación de cunetas trapezoidales o triangulares según el diseño hidráulico, estas cunetas se podránelaborar directamente en obra, para lo cual se requerirá contar con formaleta en óptimascondiciones y respectar los tiempos de fraguado y endurecimiento del concreto, así comocontar con un diseño técnico de la mezcla de concreto hidráulico.

9.1. CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA

A continuación, se presenta un conjunto de fases necesarias para materializar la construcción de los tramos de pavimento tipo Placa Huella, referidas al proceso constructivo básico aplicable a este tipo de proyectos.

Inicialmente, como en cualquier obra vial será fundamental dar inicio a la localización y replanteo de la vía, para lo cual será necesario del diseño geométrico y de las coordenadas y niveles del eje vial, así como de la sección trasversal a construir. A partir de este replanteo se da inicio a la conformación de la subrasante o actual capa de rodadura.

9.1.1. Capas granulares (Subbase granular)

Los materiales granulares se colocarán sobre la superficie evitando la segregación de losmismo. En ningún caso se deberán colocar capas de material superiores a 30 cm, ni menores a 10 cm, lo cual permitirá que se garantice la compactación de manera óptima.Para el presente proyecto se tiene una capa de 0.30 m de espesor.

De igual manera deberá ser extendido con una humedad ±2% respecto a la humedad optima de compactación y teniendo en cuenta los factores de expansión y compactación.

La compactación se realizará con equipos mecánicos en total funcionamiento, que produzca los resultados esperados, se recomienda que la compactación se haga desde los bordes hacia el centro de manera paralela al eje vial y traslapando por lo menos el 50% del ancho de la anterior pasada.

9.1.2. Vigas Riostras

Se deberán adelantar excavaciones manuales para la disposición de las riostras de sección transversal 0.20 m x 0.25 m; si existe la necesidad de retirar material existente por su deterioro o perdida de funcionalidad, se requerirá incluir la cuantificación de lo retirado y, por ende, del material a usar como reemplazo.

9.1.3. Concreto de 3000 psi para placa, cunetas y riostras

Para la construcción de la placa huella en la superficie previamente acondicionada, el constructor instalará las formaletas de madera o metálicas para garantizar que los elementos queden construidos con las secciones y espesores indicados.

Se deberán mantener durante la construcción juntas transversales cada 3.0 m entre las placas de concreto y las vigas riostras, de igual forma se deberán disponer juntas longitudinales entre los tipos de concreto (hidráulico – ciclópeo).

El concreto hidráulico que se utilice para la placa huella deberá cumplir con lo establecido en las especificaciones del INVIAS, particularmente en lo referido a cemento, agua, agregados y aditivos si requiere.

Se deberán sellar las juntas para evitar la infiltración de agua a la capa de subbase y queposteriormente pueda evolucionar a fenómenos de bombeo que afecten la capa inferior y la integridad de la placa huella.

La mezcla de concreto se podrá realizar en obra, para lo cual se deberán seguir los lineamientos del artículo 630 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

Se recomienda realizar la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico aplicando procedimientos y metodologías técnicas adecuadas, complementándose con los requerimientos del artículo 630 de las especificaciones de INVIAS.

9.1.4. Concreto ciclópeo

Este concreto deberá ser en roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tendera a ser cubica; en una proporción de 40%. La relación entre las dimensiones de cada piedra no será mayor a 2:1.

10. CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio es referente al diseño estructural de pavimentos, el cual hace parte de los requerimientos exigidos durante para la etapa de prefactibilidad del presente proyecto de mejoramiento vial mediante la construcción de estructuras de pavimento tipoplaca huella en Caldas, como parte del programa de Mejoramiento de la malla vial del municipio, por lo cual el estudio debe realizarse específicamente en el área donde se vaa implantar el proyecto de acuerdo con los requisitos vigentes y especificados por el Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

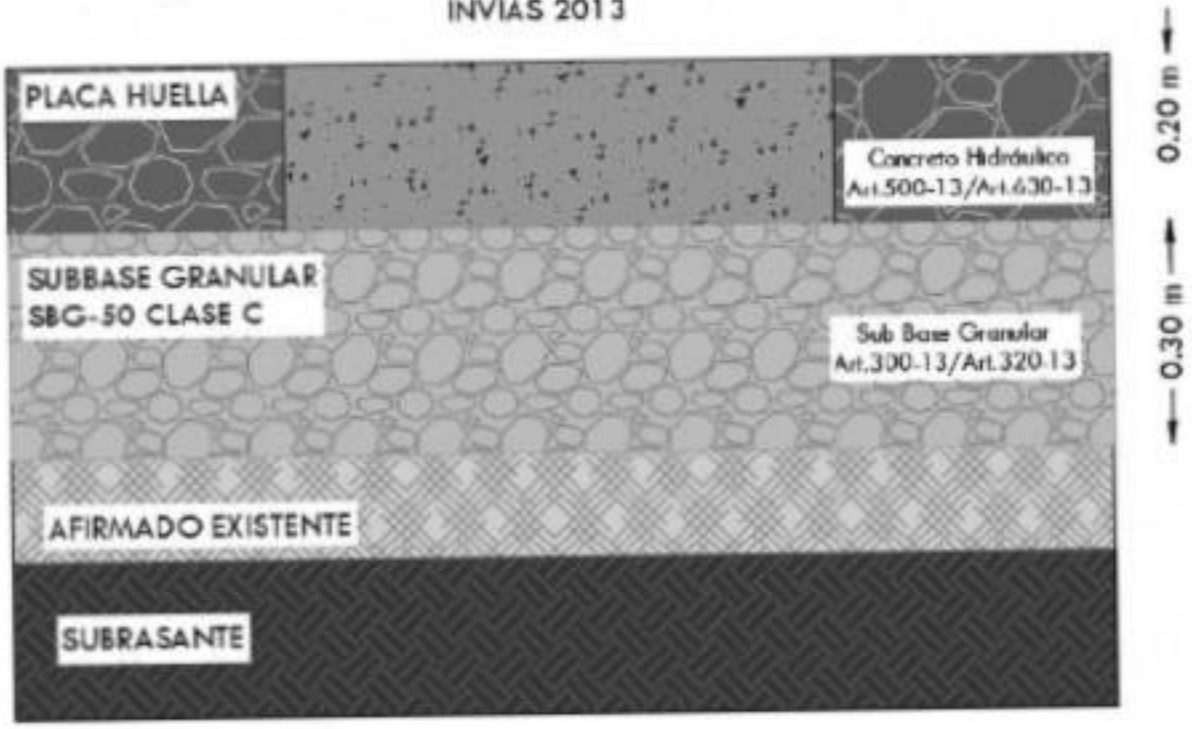
Dentro del diseño de pavimento, se logró definir que se presenta un (1) tramo homogéneo independiente, teniendo en cuenta las condiciones propias del sector, análisis sustentado en la localización del tramo principalmente, teniendo en cuenta las propiedades físicas yde resistencia del suelo explorado.

Tramo Homogéneo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud [m]
Quipe tierra Negra	*K0 + 000*	*K0 + 1200*	*1200*

Tramos homogeneos de diseño

Para el cual se tiene la siguiente estructura de pavimento denominado modelo constructivo final, luego de aplicar los respectivos procedimientos de diseño y chequeo estructural.

Pavimento Placa Huella
Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras
INVIAS 2013



Estructura Tipica Placa Huella

Se recomienda no dejar expuestas las capas granulares al aire libre durante periodos largos de tiempo, puesto que, por posibles temporadas de lluvias, el suelo puede saturarse y presentar cambios de plasticidad de magnitud considerable, lo cual puede ocasionar fallos dentro de la estructura, por lo cual se requerirá realizar mayores tareas como lo son el escarificado y la re compactación del material de sub-base granular, en este caso.

Se hace necesario realizar oportunamente las diferentes pruebas de control de campo ylaboratorio que aseguren la buena calidad de materiales y procesos constructivos, lo cual garantizara que todos los procesos constructivos se desarrollen de manera adecuada, siguiendo todos los parámetros definidos por el diseñador.

No se encontró presencia de agua (nivel freático), en caso de llegar a detectarse alguna variación durante el proceso constructivo debido a crecimiento de lluvias, se deberá dar aviso inmediato a los encargados de realizar los diseños, en caso de ser necesario estaremos atentos con el fin de proceder y de esta manera ejecutar las tareas yrecomendaciones a las que haya lugar con el fin de controlar esta situación de nivel freático.

Se sugiere que el proyecto no se limite a la construcción de los tramos viales, sino que se implementen programas de mantenimiento periódico de la infraestructura con el fin de fomentar el desarrollo del sector agropecuario en poblaciones vulnerables y

prolongar lavida útil del mismo.

Se recomienda contar con asesoría permanente por parte de los profesionales responsables de cada uno de los estudios y diseños, con el propósito de evaluar y aprobar todos los procedimientos constructivos a los que el proyecto diere lugar, dadas las condiciones especiales descritas en el presente y demás informes que componen la etapa preliminar del proyecto.

11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

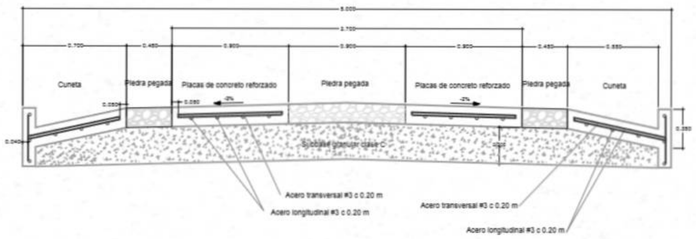
El presente informe y los datos obtenidos para el diseño de pavimento están basados enla información recolectada en los diferentes estudios realizados de la presente consultoría, en lo referente a topografía, geotecnia y distribución actual de las vías municipales.

Sin embargo, es frecuente que, durante etapas posteriores, se presenten variaciones o diferentes condiciones a las aquí descritas, bien sea constructivas o naturales, las cualeshacen necesario adoptar decisiones alternas. Por esta razón, se deberá informar oportunamente a la firma responsable del estudio con el fin de realizar las modificaciones necesarias.

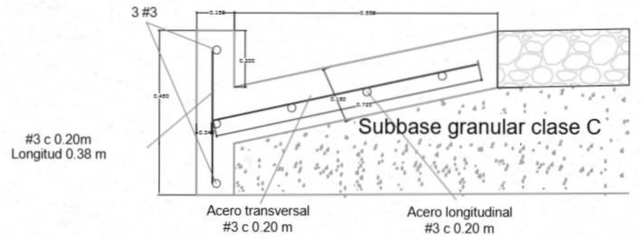
De igual manera, el contenido aquí dispuesto hace referencia exclusivamente al diseño estructural de pavimento en el área de influencia del proyecto, por lo cual para continuar con el cronograma y tomar decisiones referentes a los diseños definitivos, se deberá contar con la participación de los profesionales encargados de localización topográfica ydiseños hidráulicos, además de la parte constructora.

En el equipo consultor estaremos atentos a suministrar cualquier ampliación o brindar laasesoría necesaria una vez se definan los diseños y planos constructivos y se inicien loscorrespondientes procesos constructivos.

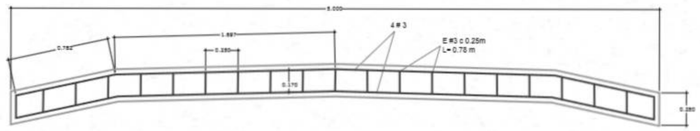
SECCIÓN TRANSVERSAL DE PLACA HUELLA
ESC: 1:20



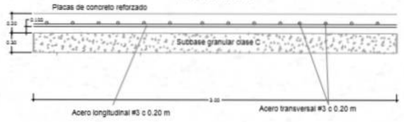
SECCIÓN BERMA CUNETA
ESC:1:5



SECCIÓN LONGITUDINAL VIGA RIOSTRA
ESC: 1:20



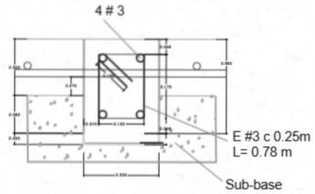
SECCIÓN LONGITUDINAL DE PLACA HUELLA
ESC:1:20



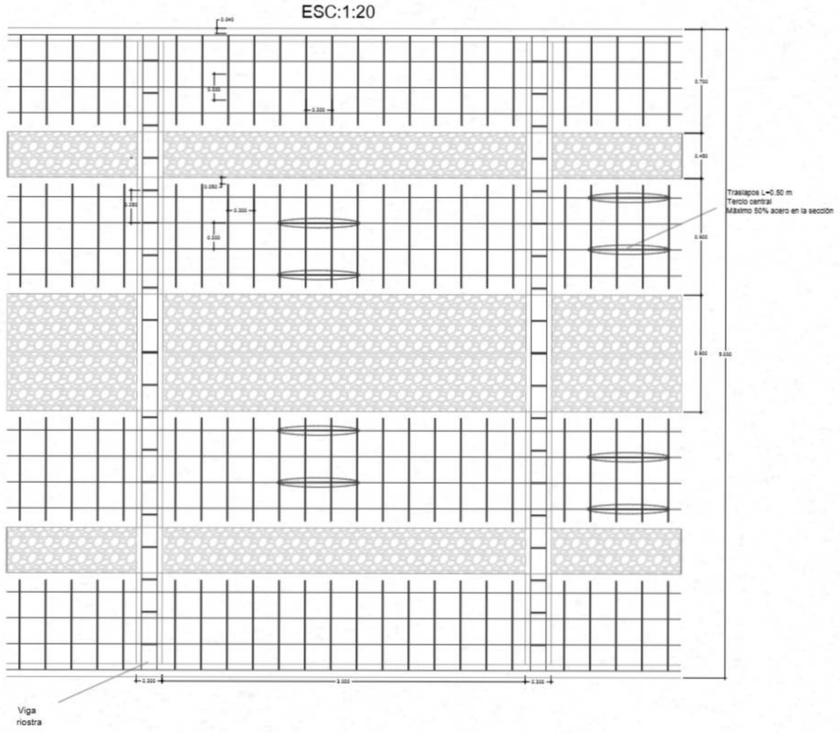
CORTE LONGITUDINAL DE LOSA DE TRANSICIÓN
ESC:1:20



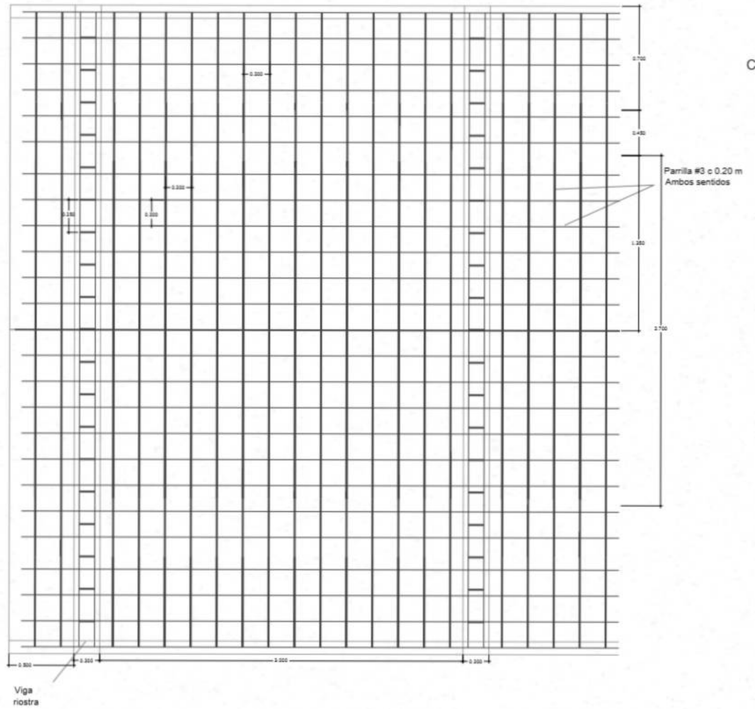
CORTE TRANSVERSAL SECCIÓN EN PLACA HUELLA
ESC:1:5



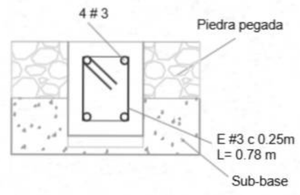
VISTA EN PLANTA DE LA PLACA HUELLA
ESC:1:20



VISTA EN PLANTA DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
ESC:1:20



CORTE TRANSVERSAL SECCIÓN EN PIEDRA PEGADA
ESC: 1:5



DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

MUNICIPIO DE CALDAS

PROYECTO

MEJORAMIENTO DE VIAS MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE PLACA HUELLAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO CALDAS

Contratista
KATHERINE HERNANDEZ

Contrato
IPMC-017-2024 ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS VIAS TERCIARIAS EN LAS VEREDAS DE QUIPE Y CENTRO DEL MUNICIPIO DE CALDAS, BOYACÁ

Revisó:
SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y OBRAS PÚBLICAS
MUNICIPIO: CALDAS
DEPARTAMENTO: BOYACÁ

Revisión	Fecha

Ubicación
DEPARTAMENTO: BOYACÁ
MUNICIPIO: CALDAS

Dirección : VEREDA QUIPE

Alcalde:
DIEGO LANCHEROS RUIZ
ALCALDE MUNICIPAL

Diseño:
JAVIER MELANDIA

Plano
DESPIECE DE PLACA HUELLA

Coordenadas
MAGNA SIRGAS ORIGEN CENTRAL

Plano N°
1

Fecha
NOVIEMBRE de 2024

Escalas
La indicada