# Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la Avenida 45ª Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca Santander

**Juan Sebastián Hernández Valbuena**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director**

**Edwin Fabián Restrepo Rojas**

**Especialista en vías terrestres**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**2024**

**Agradecimiento**

Le agradezco a la Universidad Santo Tomás por hacer parte de mi crecimiento académico y personal.

A mi director Edwin Restrepo por su valiosa colaboración y apoyo brindándome la guía y herramientas necesarias para el desarrollo de este proyecto.

Igualmente, a todos los docentes de la facultad de Ingeniería Civil con los cuales tuve la oportunidad de aprender y adquirir conocimientos de las diferentes ramas de la carrera, el temario de las materias y la forma en la cual lo enseñaron, despertó en mi un gran interés por esta bonita profesión y llegar a realizar un proyecto en el cual pudiera articular diferentes campos de la Ingeniería civil.

Finalmente resaltar el esfuerzo y motivación brindada por mis padres durante todos estos años de formación académica, gracias a su apoyo moral y económico he podido formarme como profesional y estudiar esta excelente carrera en la que aplicando los diferentes campos, espero contribuir a la sociedad mejorando la calidad de vida de las personas.

**Contenido**

Introducción ..... 16

1. Formulación del problema ..... 19

2. Justificación ..... 21

3. Objetivos ..... 23

3.2 Objetivos específicos ..... 23

4. Metodología ..... 24

5. Estado del arte ..... 26

6. Marco referencial ..... 29

6.1 Marco histórico ..... 29

6.2 Marco conceptual ..... 30

6.2.1 Carreteras y su clasificación ..... 30

6.2.2 Diseño geométrico de carreteras ..... 33

6.3 Marco legal ..... 46

7. Impacto ..... 47

8. Desarrollo del proyecto ..... 48

8.1 Reconocimiento de la zona del proyecto ..... 48

8.2 Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron ..... 51

8.3 Análisis de Tránsito ..... 55

8.3.1 Análisis del Estudio de Tránsito ..... 61

8.4 Estudio de suelos ..... 62

8.4.1 Trabajo de Campo ..... 63

8.4.2 Trabajo de laboratorio. ..... 63

8.4.3 Análisis del Estudio de Suelos ..... 96

8.4.4 Tratamiento de mejora de la subrasante ..... 97

8.4.5 Subbase Granular ..... 101

8.5 Diseño Geométrico de la vía ..... 103

8.6 Diseño Estructural ..... 114

8.6.1 Análisis de la composición estructural. ..... 123

9. Obras de drenaje ..... 124

9.1 Análisis Hidrológico ..... 125

9.2 Control de aguas superficiales ..... 127

9.2.1 Drenaje Longitudinal ..... 127

9.2.2 Drenaje Transversal ..... 128

9.3 Recomendaciones para el diseño del drenaje superficial de la vía ..... 130

9.4 Control hidráulico de la berma-cuneta ..... 131

9.5 Localización de las alcantarillas ..... 132

9.6 Alcantarilla Tipo ..... 133

10. Presupuesto de obra ..... 134

10. Conclusiones ..... 142

11. Recomendaciones ..... 144

Apéndices ..... 157

## Lista de figuras

**Figura 1**. *Estado actual de la vía del barrio Buenos Aires* ..... 21

**Figura 2**. *Metodología del proyecto* ..... 25

**Figura 3.** *Vía primaria* ..... 31

**Figura 4.** *Vía secundaria* ..... 31

**Figura 5**. *Vía terciaria* ..... 32

**Figura 6.** *Valores de la Velocidad de Diseño de los tramos homogéneos (Vtr) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno* ..... 34

**Figura 7**. *Elementos curva circular simple* ..... 35

**Figura 8.** *Curva circular compuesta* ..... 36

**Figura 9** *Elementos curva espiral clotoide* ..... 37

**Figura 10.** *Coeficiente de fricción transversal máxima* ..... 38

**Figura 11.** *Radio mínimo para peralte máximo de 6%* ..... 38

**Figura 12.** *Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (Vtr)* ..... 39

**Figura 13.** *Longitud mínima de la tangente vertical* ..... 40

**Figura 14.** *Tipos de curvas verticales simétricas o asimétricas* ..... 41

**Figura 15.** *Valores de (Kmin) para el control de distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales* ..... 41

**Figura 16.** *Vista en planta y transversal de un tramo recto de placa-huella* ..... 42

**Figura 17** *Ancho de zona* ..... 43

**Figura 18.** *Sección transversal en planta de una zona de cruce* ..... 44

**Figura 19.** *Inestabilidad de taludes* ..... 49

**Figura 20.** *Placas de concreto simple con fallo por carga ultima* ..... 50

**Figura 21.** *Fotografía de la zona de interés captada por el dron* ..... 50

**Figura 22**. *Polígono de la zona de influencia* ..... 52

**Figura 23.** *Dron encargado de captar las fotografías para obtener la topografía superficial* .. 53

**Figura 24.** *Curvas de nivel del terreno donde se realizará el diseño geométrico y estructural en placa huella* ..... 54

**Figura 25.** *Curvas de nivel generadas a través de polilíneas en CIVIL 3D* ..... 54

**Figura 26.** *Alineamiento horizontal y superficie de curvas de nivel en AutoCAD Civil 3D* ..... 55

**Figura 27**. *Tipos de vehículos* ..... 56

**Figura 28**. *Vehículo para diseño de pavimento en placa huella* ..... 57

**Figura 29.** *Localización de tramo en placa huella* ..... 58

**Figura 30.** *Conteo de tránsito. Barrio Buenos Aires* ..... 59

**Figura 31**. *Resumen conteo de tránsito* ..... 60

**Figura 32.** *Tránsito para la selección de espesores* ..... 61

**Figura 33.** *a. Calicata. b. Profundidad mínima y c. Recolección de muestra* ..... 63

**Figura 34.** *a. Muestra pesada y b. Muestra lista para secar en el Horno Humboldt encendido a 110 grados centígrados.* ..... 64

**Figura 35.** *% Humedad de cada una de las* ..... 65

**Figura 36.** *Orden descendente de los tamices de malla cuadrada* ..... 66

**Figura 37.** *Muestra de 1000g para lavado* ..... 67

**Figura 38**. *Lavado de la muestra para Granulometría* ..... 67

**Figura 39.** *Muestras lavadas listas para secado* ..... 68

**Figura 40.** *Muestra seca* ..... 69

**Figura 41**. *Tamices organizados de mayor a menor diámetro para vibración manual* ..... 69

**Figura 42.** *Registro de pesos retenidos en cada tamiz*..... 69

**Figura 43.** *Pesos muestras* ..... 70

**Figura 44.** *Granulometría para cada muestra*..... 70

**Figura 45.** *Clasificación SUCS* ..... 71

**Figura 46.** *Clasificación del suelo mediante el método AASHTO para materiales granulares* . 72

**Figura 47**. *Casa Grande y Ranurador.* ..... 73

**Figura 48**. *Apisonado de la muestra seca* ..... 73

**Figura 49**. *Tamizado de la muestra por el No. 40* ..... 74

**Figura 50.** *Medición de 100g de muestra para realizar el ensayo* ..... 74

**Figura 51**. *Suelo humedecido y dispuesto sobre la cazuela*..... 74

**Figura 52.** *Muestra de suelo húmeda y ranurada*..... 75

**Figura 53.** *Unión de los taludes formados por el ranurador a una longitud de 13mm*..... 75

**Figura 54.** *Muestras secas después de estar 12h en el horno*..... 76

**Figura 55.** *Contenido de humedad para cada uno de los rangos de golpes*..... 76

**Figura 56.** *Numero de golpes vs Contenido de humedad* ..... 77

**Figura 57**. *Contenido de Humedad a los 25 golpes*..... 77

**Figura 58.** *Agrietamiento y rompimiento de los rollos de suelo*..... 79

**Figura 59.** *Humedades de los rollos en su límite plástico* ..... 79

**Figura 60.** *Índice de plasticidad* ..... 79

**Figura 61**. *Gráfico de plasticidad* ..... 80

**Figura 62.** *Correlación limites de consistencia vs Potencial de expansión*..... 81

**Figura 63.** *Muestra utilizada para la compactación de cada espécimen* ..... 82

**Figura 64.** *Molde de 6'' y pisón de 4,5kg* ..... 82

**Figura 65**. *Registro del peso del molde y la base para cálculos* ..... 83

**Figura 66.** *Peso molde enrasado con el espécimen* ..... 83

**Figura 67**. *Compactación de los especímenes con 56 golpes por capa* ..... 84

**Figura 68.** *Datos del molde de 6'' para cálculos de densidad específica* ..... 84

**Figura 69.** *Cálculos del Proctor modificado* ..... 84

**Figura 70.** *Peso unitario seco (kn/m3) vs Humedad (%)* ..... 85

**Figura 71.** *Peso unitario seco máximo, Densidad seca máxima y Humedad óptima* ..... 85

**Figura 72.** *Materiales utilizados para el ensayo CBR* ..... 86

**Figura 73.** *Material apisonado* ..... 87

**Figura 74.** *Tamizado del material por el tamiz No. 4* ..... 87

**Figura 75.** *Material pesado y listo para agregar la humedad óptima* ..... 88

**Figura 76.** *Material con humedad del 14.%* ..... 88

**Figura 77.** *Compactación de los moldes* ..... 89

**Figura 78**. *Enrasado de moldes* ..... 90

**Figura 79.** *Masa del molde invertido compactado sin disco espaciador.* ..... 90

**Figura 80.** *Molde con el vástago y las cargas* ..... 91

**Figura 81.** *Diales para medir la expansión* ..... 91

**Figura 82**. *Inmersión de los moldes por 96 horas* ..... 92

**Figura 83.** *Moldes escurriendo* ..... 92

**Figura 84.** *Ensayo de penetración.* ..... 93

**Figura 85**. *Datos de la compactación de los moldes y % de Expansión.* ..... 93

**Figura 86.** *Datos de penetración (mm) y carga (lb) del ensayo de punzonamiento* ..... 94

**Figura 87.** *Curva Esfuerzo (PSI) vs Penetración (in)* ..... 95

**Figura 88**. *Curva Humedad (%) vs Peso Unitario Seco Máximo (kg/m3) y Curva de CBR corregido a 5,08 mm (0,2")* ..... 95

**Figura 89.** *Comportamiento de la subrasante según CBR* ..... 96

**Figura 90**. *Requisitos de suelos de subrasante y terraplén para estabilizar con cal* ..... 98

**Figura 91.** *Características de la cal para estabilización de subrasante.* ..... 98

**Figura 92**. *Requisitos del agua no potable para estabilización con cal* ..... 99

**Figura 93**. *Mejoramiento de subrasante con cal* ..... 100

**Figura 94.** *Mejoramiento de subrasante con cal* ..... 101

**Figura 95.** *Uso típico de las diferentes clases de subbase granular* ..... 101

**Figura 96.** *Requisitos de los agregados para subbase granular.* ..... 102

**Figura 97.** *Curvas tipo en función de la deflexión y el radio de la curva* ..... 105

**Figura 98.** *Parámetros de diseño, curvas horizontales para placa-huella.* ..... 110

**Figura 99**. *Curva Tipo 2 para la curva 1* ..... 111

**Figura 100.** *Curva Tipo 5 para curva 6* ..... 112

**Figura 101.** *Curva Tipo 7 para curvas 4,5 y 7* ..... 113

**Figura 102**. *Curva Tipo 8 para curvas 2 y 3* ..... 114

**Figura 103.** *Planta de distribución de acero de refuerzo* ..... 117

**Figura 104.** *Sección transversal placa-huella* ..... 117

**Figura 105.** *Sección longitudinal placa-huella* ..... 117

**Figura 106.** *Sección transversal de la riostra.* ..... 118

**Figura 107.** *Vista en planta de la riostra* ..... 119

**Figura 108.** *Sección de la riostra* ..... 119

**Figura 109**. *Planta de berma-cuneta y bordillo* ..... 121

**Figura 110.** *Sección de la berma-cuneta y el bordillo* ..... 121

**Figura 111.** *Junta transversal de construcción en riostra* ..... 122

**Figura 112**. *Junta transversal de construcción en berma-cuneta y bordillo* ..... 122

**Figura 113**. *Junta longitudinal entre placa-huella, berma-cuneta y piedra pegada* ..... 122

**Figura 114.** *Espesores de losa de concreto, base granular y subrasante* ..... 124

**Figura 115**. *Subcuenca del municipio de Floridablanca* ..... 126

**Figura 116.** *Secciones típicas de cunetas.* ..... 128

**Figura 117.** *Partes principales de una alcantarilla* ..... 130

**Figura 118.** *Partes de una alcantarilla con poceta en planta* ..... 130

**Figura 119.** *Dimensiones de la berma-cuneta y bordillo* ..... 131

**Figura 120**. *Lámina de agua de la berma-cuneta* ..... 132

**Figura 121.** *Vista en planta estructura de la alcantarilla tipo en AutoCAD.* ..... 133

**Figura 122.** *Vista en planta de la estructura de la alcantarilla tipo en Civil 3D.* ..... 134

**Figura 123.** *Memoria de cantidades del Tramo 1 de la vía (K0+000 – K0+039,36)* ..... 136

**Figura 124.** *Memoria de cantidades totales* ..... 137

**Figura 125.** *Insumos* ..... 139

**Figura 126.** *Prestaciones sociales* ..... 140

**Figura 127.** *Cuadrillas de obra* ..... 140

**Figura 128.** *Presupuesto total de obra* ..... 141

## Lista de apéndices

**Apéndice A**. *Alineamiento horizontal* ..... 157

**Apéndice B.** *Alineamiento vertical* ..... 158

**Apéndice C.** *Secciones transversales* ..... 159

**Apéndice D.** *Cuadro construcción de eje* ..... 160

**Apéndice E.** *Sección en tangente o tramo recto* ..... 161

**Apéndice F**. *Sección en curvas tipo 2* ..... 162

**Apéndice G.** *Sección en curvas tipo 5 y 7* ..... 163

**Apéndice H.** *Sección en curvas tipo 8* ..... 164

**Apéndice I.** *Área y volumen de la Sub-base* ..... 165

**Apéndice J.** *Área y volumen de la placa-huella.* ..... 168

**Apéndice K**. *Área y volumen de la piedra pegada.* ..... 170

**Apéndice L**. *Área y volumen de la berma-cuneta* ..... 172

**Apéndice M.** *Localización de las alcantarillas de la placa-huella en el perfil del Diseño Geométrico.* ..... 174

**Apéndice N**. *Memoria de Cantidades Totales* ..... 175

**Apéndice O.** *Análisis de precios unitarios (APUS)* ..... 179

**Apéndice P.** *Planos Planta- Perfil y Secciones Transversales.* ..... 185

## Resumen

El presente proyecto desarrolló una propuesta de mejoramiento de pavimento en placa-huella para la vía alterna que conecta al barrio Buenos Aires (Floridablanca, Santander), con la avenida 45ª Floridablanca-Piedecuesta y el resto del municipio. Dicha propuesta se basa en la necesidad de construcción de un pavimento que genere durabilidad y transitabilidad para esta vía, la cual ha tenido un incremento en el volumen de tránsito en los últimos años. En el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta los parámetros requeridos por las normativas del INVIAS utilizados durante la etapa de planeación de una carretera terciaria existente, desarrollados en el siguiente orden: Una primera parte fue la obtención de la topografía de la zona de influencia del proyecto mediante fotogrametría aérea, que permitió adquirir un mapa catastral de alta precisión. Esta información fue exportada a un software para producir un modelo de elevación digital del terreno y generar curvas de nivel para el diseño geométrico. Una segunda parte, donde se realizó un análisis de tránsito y un estudio de suelos que permitiera conocer las características físico-mecánicas de la subrasante de la vía. Finalmente, el diseño geométrico del tramo de vía tuvo como componentes el alineamiento horizontal, vertical y secciones transversales. Además del diseño estructural, donde se tuvieron en cuenta las dimensiones y materiales de todos los elementos del pavimento. Por último, la localización de obras de drenaje superficial y el presupuesto oficial de ejecución de la obra.

*Palabras clave:* pavimento, placa-huella, fotogrametría, diseño estructural, diseño geométrico, estudio de suelos, drenaje

**Abstract**

This project developed a proposal for the improvement of pavement in slab-footprint for the alternate road that connects the Buenos Aires neighborhood (Floridablanca, Santander), with the 45th Floridablanca-Piedecuesta avenue and the rest of the municipality. Said proposal is based on the need to build a pavement that generates durability and passability for this road, which has had an increase in traffic volume in recent years. In the development of the project, the parameters required by the INVIAS regulations used during the planning stage of an existing tertiary highway were taken into account, developed in the following order: The first part was to obtain the topography of the area of influence of the project using aerial photogrammetry, which allowed the acquisition of a high-precision cadastral map. This information was exported to software to produce a digital elevation model of the terrain and generate contour lines for geometric design. A second part, where a traffic analysis and a soil study were carried out that would allow knowing the physical-mechanical characteristics of the subgrade of the road. Finally, the geometric design of the section of track had as components the horizontal and vertical alignment and cross sections. In addition to the structural design, where the dimensions and materials of all the elements of the pavement were taken into account. Finally, the location of surface drainage works and the official budget for the execution of the work.

*Keywords:* pavement, plate-footprint, photogrammetry, structural desing, geometric desing, land study, sewer system

## Glosario

*Análisis granulométrico*: también llamado análisis de textura es un análisis físico que determina el tamaño de las partículas primarias (arena, limo, arcilla y gravas) mediante tamices de diferentes diámetros de una masa de suelo. [1]

*Carretera:* infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios carriles. [2]

*Concreto simple:* es la mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, sin hacer de refuerzo. La cantidad de cada uno de los materiales depende de la resistencia que se quiera alcanzar (f ’c). [3]

*Concreto ciclópeo:* es la mezcla de concreto simple y piedra de zanja, hasta el equivalente a 1/3 del volumen que se va a vaciar. Se utiliza principalmente en cimentaciones y sobre cimientos. [3]

*Concreto armado:* es la mezcla de concreto simple con barras de acero para que ambos trabajen conjuntamente y soporten las cargas. Se utiliza para vaciar columnas, vigas, viguetas, losas, cubiertas. [3]

*California bearing ratio (CBR):* medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad. [4]

*Diseño geométrico:* se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, para que se pueda circular de una manera cómoda y segura. Está compuesto por tres elementos Diseño en planta, perfil y secciones transversales. [5]

*Estudio geotécnico:* se realiza previamente al proyecto de un edificio o un pavimento y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación. [6]

*Fotogrametría con dron:* esta técnica nos permite conocer propiedades geométricas de una superficie a partir de la información obtenida de varias imágenes con información redundante. Para que un objeto pueda estar fielmente reconstruido. [7]

*Limite liquido (LL):* se define como el contenido de humedad con el cual, una muestra de suelo cohesivo, luego de aplicar 25 golpes a la cuchara Casagrande, produce un cierre de una ranura efectuada sobre la muestra. El suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido. [8]

*Limite plástico (LP):* contenido de agua con el cual, el suelo al ser enrollado en bastones de 3,2 mm de diámetro se desmorona. El suelo pasa de un estado semisólidos a uno plástico. [8]

*Proctor modificado:* medida de la energía de compactación de un suelo de subrasante o en las capas que conforman un pavimento, a una densidad seca y humedad optima específica. [9]

*Presupuesto:* cantidad de dinero que se necesita para hacer frente a cierto número de gastos necesarios para acometer un proyecto. [10]

*Sobre ancho:* aumento en la sección transversal de una calzada en las curvas, con la finalidad de mantener la distancia lateral entre los vehículos en movimiento. [2]

*Subrasante:* superficie acondicionada sobre la cual se apoya la estructura de un pavimento.[2]

*Transición:* distancia donde cambia la geometría en planta de un pavimento, ampliada por la parte interna de la curva y también la composición de la superficie de rodadura. [11]

*Tránsito promedio diario semanal (TPDs):* es el promedio diario, obtenido del conteo de una semana, de los vehículos que transitan por una sección de una vía. [11]

## Introducción

Las vías terrestres de un país son el medio que permite transportar diariamente a las personas y cargas, a través de vehículos que se movilizan sobre ellas. Estas se encuentran pavimentadas con asfalto o concreto reforzado para las zonas urbanas y también son construidas en afirmado para las zonas rurales. Actualmente, se están probando alternativas de mejoramiento para una mejor transitabilidad y durabilidad en las vías terciarias. Las vías son muy importantes para el desarrollo y crecimiento de la sociedad, por esta razón, el transporte desde sus inicios ha sido parte fundamental en el crecimiento de la economía. Definitivamente, el diseño de vías terrestres que permitan una movilidad de una forma segura y eficiente, ayudarán a la población para satisfacer necesidades básicas como educación, alimentación y salud, logrando condiciones de progreso económico y social para las comunidades, es decir, una mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

El diseño geométrico de una carretera, supone la parte más importante de su concepción y desarrollo, ya que permite establecer una disposición espacial más adecuada sobre el territorio, para que se adapte a sus características y condicionantes; pero a su vez pueda facilitar una accesibilidad y movilidad de personas o vehículos de una forma segura, cómoda, sostenible y en unos tiempos que estén proporcionados a la magnitud de la demanda de movilidad, es decir, que sea funcional y eficaz a un costo razonable. [12]

Por los argumentos nombrados anteriormente este documento pretende mostrar de manera precisa y explicativa los procedimientos ejecutados en campo y oficina correspondientes al diseño geométrico y estructural de una vía en placa huella de tercer orden haciendo referencia al diseño horizontal, vertical y secciones transversales. También el diseño de todos los elementos que integran un pavimento en placa huella según los parámetros de la Guía de diseño de pavimentos

en placa-huella 2017 del INVIAS y de esta manera presentar el proyecto vial para la zona rural y urbana del barrio Buenos Aires del municipio de Floridablanca, con la normativa más reciente del Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de Transporte en materia de vías terciarias. Estos dos entes se encargan de la creación de los parámetros para la construcción y mantenimiento de las vías en el país.

El presente proyecto está divido en 3 partes siendo la primera de ellas aquella que abarca todo lo respectivo a la topografía del terreno. Esta fue obtenida mediante fotogrametría aérea con el uso de un dron que, mediante la captura de una serie de fotografías redundantes, construyó en el programa Agisoft la superficie lo más exacta posible sobre el área donde se realizará el diseño vial. Después, se generaron las curvas de nivel que fueron importadas al programa AutoCAD Civil 3D, donde se realizó el diseño geométrico vial.

La segunda parte correspondió a la ejecución de un estudio de suelos a la subrasante donde se diseñó la vía. Se comprobó mediante los ensayos de granulometría el tipo de suelo que está presente en la zona de impacto de la vía y si debía aplicarse algún mejoramiento para la construcción del pavimento. También, se calculó el porcentaje de CBR y la capacidad portante que tiene el suelo para resistir las cargas que le serán impuestas por los vehículos, capas y los elementos que conforman el pavimento en placa-huella.

La última parte consistió en la realización del diseño geométrico y estructural en placa-huella, utilizando el programa en AutoCAD Civil 3D. Además del diseño del drenaje de la vía. Basándose en los parámetros de diseño propuestos por el Manual de Diseño Geométrico de Vías de INVIAS (2008) y la Guía de diseño de pavimentos en placa-huella (2017). También, gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para que el diseño de la vía tuviera unas especificaciones de seguridad, comodidad, estética y eficiencia para los usuarios.

Finalmente, desde el ámbito profesional el documento propuesto constituye un marco de referencia de lo que debe ser una propuesta vial optima y que cumpla con la normatividad colombiana, dejando también como documentación base para la gestión de la ejecución de la obra por parte de las organizaciones correspondientes y así mejorar la movilidad del barrio Buenos Aires como un importante aporte al crecimiento en la competitividad y el desarrollo socioeconómico de esta comunidad.

## 1. Formulación del problema

Las carreteras son obras estratégicas para el desarrollo, generan beneficios económicos y sociales, sobre todo cuando se conectan zonas con altos potenciales productivos. Una obra vial bien planificada puede reducir costos en la movilidad y tiempo de los vehículos, ya que da facilidades al desplazamiento de los usuarios y más impulso económico por las zonas donde atraviesa.

Las vías terciarias, traen muchas ventajas en el desarrollo y competitividad rural. Por el contrario, la ausencia de estas o la falta de mantenimiento y mejoramiento produce rezagos en el desarrollo agrícola y social de una comunidad.

En el barrio Buenos Aires el cual se encuentra ubicado en el municipio de Floridablanca (Santander), fue localizada una vía de tercer orden en mal estado, con un deficiente mantenimiento, debido a la ausencia de actividades de rocería, limpieza de cunetas, y remoción de derrumbes menores. Adicional a esto, la ausencia de actividades de obra que generen cambios en la infraestructura vial con el propósito de mejorar sus especificaciones técnicas iniciales, como lo pueden ser: la construcción de muros de gaviones, alcantarillas o placa huella, contribuyen a un mayor deterioro de esta vía. Esto ha generado una difícil comunicación terrestre entre la población rural y el casco urbano del barrio, afectando también a la población que utiliza esta vía de forma alterna y transitan hacia diferentes partes del municipio de Floridablanca.

Las variables nombradas anteriormente producen dificultad en la movilidad, aumento de los tiempos de viaje, retraso en actividades básicas como el acceso a un oportuno servicio médico o de educación y una pobre distribución de los productos agrícolas por parte de los campesinos con el casco urbano y con los municipios cercanos, entre otras afectaciones. Como consecuencia, se origina un retraso económico y social para los habitantes del casco urbano, de la zona rural del

barrio y a los vehículos que quieran ingresar a la autopista o a diferentes veredas del municipio por esta vía alterna. Debido a la intransitabilidad y falta de mantenimiento de la vía, se reducen las oportunidades de desarrollo integral de los habitantes.

Para sintetizar, elaborar un diseño geométrico cómodo, económico y seguro, junto con sus obras complementarias y también implementando una técnica de mejoramiento para generar cambios en la infraestructura vial como lo es el diseño de un pavimento en placa huella como capa de rodadura, creará una excelente y durable solución para la movilidad de la zona de influencia del barrio Buenos Aires.

Es importante destacar, que la administración municipal debe gestionar recursos económicos ante las entidades de estado, mediante la formulación de proyectos que permitan la asignación de dichos recursos para la ejecución de obra, siendo este un proceso administrativo con falencias por las dificultades de la formulación, elaboración y presentación entre los municipios con el requerimiento y aquellos asignadores de los rubros, por la falta de recursos propios en el planteamiento de los proyectos.

En la figura 1 se muestra, el estado actual de la vía que conecta el barrio Buenos Aires con el resto del municipio de Floridablanca, se observa un afirmado afectado por la precipitación y una capa de rodadura con ausencia de elementos que mejoren la circulación del tránsito.

**Figura 1**. *Estado actual de la vía del barrio Buenos Aires*

## 2. Justificación

El abandono de las vías rurales lo sufren día a día nuestros campesinos, vías en mal estado, intransitables y sin mantenimiento son una realidad. Ante esta problemática el Gobierno Nacional lanzó el programa Colombia Rural, cuyo objetivo es garantizar la transitabilidad y accesibilidad de la red rural del país, priorizando corredores viales que mejoren la calidad de vida en las regiones. [13]

El diseño geométrico en placa huella de una vía que mejore la movilidad del barrio Buenos Aires es un importante aporte al crecimiento en la competitividad y el desarrollo socioeconómico de las personas que habitan en él. También, de los que usan esta vía como alternativa para ingresar a la autopista Floridablanca – Piedecuesta o con otros sectores o veredas del municipio de Floridablanca. Este diseño es de gran importancia en términos de la eficiencia y funcionamiento, ya que permitirá el uso de vehículos para el transporte de personas y de productos agrícolas para su comercialización, ahorrando tiempo, brindando seguridad y comodidad durante el trayecto de los usuarios sobre la vía.

De acuerdo con lo planteado en la Ley 1682 de 2013, en la que “ Las acciones de planificación, ejecución, mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de los proyectos y obras

de infraestructura de transporte materializan el interés general previsto en la Constitución Política al fomentar el desarrollo y crecimiento económico del país'', se plantea un proyecto de infraestructura vial terciario que se ajuste a la normativa del INVIAS (Instituto Nacional de Vías) y brinde un mejoramiento a las condiciones de movilidad de la zona.

Así mismo, para alcanzar los propósitos de integración territorial es necesario lograr la construcción y mantenimiento adecuado de las redes viales, en particular las vías terciarias. Para ello se requiere avanzar en esquemas innovadores de ejecución de los proyectos que focalicen la participación de la comunidad en las actividades de rehabilitación y mantenimiento de infraestructura, especialmente en aquellos territorios rezagados en su desarrollo. [14]

El presente proyecto se justifica en razón que una vez verificado el diseño geométrico, el diseño del pavimento en placa huella, el estudio de suelos y los presupuestos de ejecución de obra, la junta de acción comunal del barrio podrá acudir a la Alcaldía municipal y gestionar ante los entes necesarios los recursos presupuestales para la ejecución del proyecto, el cual una vez construida la carretera ayudará a mitigar el problema de comunicación de la zona rural y urbana del barrio Buenos Aires y los demás usuarios de la vía.

Cabe destacar que la unión de estos dos puntos produce fines tales como la reducción en tiempos de viaje, mejoras para los campesinos en la disposición de un oportuno acceso a los servicios médicos, reducción de costos de transporte y carga para pasajeros, y disminución de la deserción escolar. Otro beneficio muy significativo es el aumento de la comercialización de productos, lo cual ocasiona una reducción en los precios de los alimentos y aumento en la venta de cosechas.

Cabe señalar que para que se presente una excelente movilidad en la vía, esta deberá ser mejorada con algún tipo de pavimento. Si bien es cierto que se debería realizar una cuantiosa

inversión para la construcción de la vía, sin embargo, el DNP y las entidades a cargo de las vías comenzaron a generar soluciones más económicas como lo son las placas- huella.

# 3. Objetivos

## 3.1 Objetivo general

Proponer un diseño de pavimento en placa huella para la vía que une el barrio Buenos Aires con la autopista Floridablanca- Piedecuesta en el municipio de Floridablanca Santander, según los parámetros técnicos del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS y la Guía de Diseño de Pavimentos en Placa-huella del INVIAS, para mejorar la movilidad del sector.

## 3.2 Objetivos específicos

Conocer la configuración geométrica de la vía objeto de estudio mediante la realización de un levantamiento topográfico que genere información digital para el diseño geométrico del pavimento en placa-huella.

Determinar las propiedades mecánicas de la subrasante mediante la realización de un estudio de suelos basado en la sección 100 de la norma INV E del 2013.

Generar un diseño geométrico y estructural en AutoCAD Civil 3D que se adapte a la geometría de la vía existente, junto con la elaboración del presupuesto oficial de la obra, realizando todas las etapas de planeación del proyecto vial.

## 4. Metodología

En el siguiente cuadro se evidencia la metodología propuesta para el desarrollo de cada uno de los objetivos del proyecto, dividido en actividades con su respectiva descripción.

**Figura 2**. *Metodología del proyecto*

| OBJETIVO | ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN | ACTORES |
|---|---|---|---|
| **1.Conocer la configuración geométrica de la vía objeto de estudio mediante la realización de un levantamiento topográfico que genere información digital para poder realizar el diseño vial.** | 1. Localización general del Departamento de Santander, Municipio de Floridablanca, barrio Buenos Aires. | A traves del programa Google Earth Pro, se busca la localización de la zona donde se ejecutará el proyecto. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| | 2. Trazar una Poligonal de la zona de estudio en Google Earth Pro. | Se realiza el trazo de una poligonal en Google Earth de la zona donde se desarrollará el diseño en placa huella para medir el areá de vuelo que tendrá el dron para realizar el levantamiento topográfico. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| | 3. Levantamiento fotogrametrico con dron para obtener la topografia del lugar. | La aeronave ejecuta un plan de vuelo siguiendo una grilla elaborada en Pix 4d mapper que se programa sobre la poligonal (kmz). Posteriormente se calcula una altura de vuelo y el porcentaje de traslapo (50%) entre fotos para la reconstrucción de la superficie a traves de estas. Estas fotografías deben ser incorporadas al programa Foto Scan de Agisoft. Despues, mediante una nube densa de puntos y el modelo digital del terreno se exportan las curvas de nivel que entrega Agisoft. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| **2.Determinar las propiedades mecánicas de la subrasante mediante la realización de un estudio de suelos.** | 4. Definir teoría para la elaboración de un proyecto vial para una vía terciaria existente con diseño de un pavimento en placa huella. | Se deben estudiar los conceptos y parámetros respectivos para dibujar el diseño geométrico y el calculo estructural de la vía, estos serán tomados del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2008), la Guia de Diseño de pavimentos con placa-huella (2017) y la norma INV E 2012 (INVIAS). | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| | 5. Ejecutar trabajo de campo y estudios de suelos en laboratorio para evaluar las caracteristicas fisicas y mecanicas de la subrasante de la vía en estudio. | Realizar los ensayos correspondientes de la norma INV E 2012 (INVIAS) para el estudio de la subrasante y cumplir con los parámetros de la Guía de Diseño de Pavimentos en placa-huella. Los ensayos a desarrollar son: Humedad, Limites de Atterberg, Granulometría, Proctor Modificado y CBR. De esta manera se sabra que tipo de suelo esta presente en la zona de influencia de la vía, la capacidad portante de la subrasante.Ademas, si el suelo necesita algun mejoramiento para una mejor resistencia del pavimento y las cargas de los vehículos. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| **3. Generar un diseño geométrico y estructural en AutoCAD Civil 3D que se adapte a la geometría de la vía existente, junto con la elaboración del presupuesto oficial de la obra, ofreciendo seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.** | 10. Analisis de Tránsito | Ejecutar un estudio de tránsito para determinar el promedio de vehiculos que transitan diariamente sobre la vía, ya sean ligeros o pesados. Ademas del transito atraido y generado los cuales suman un 30% de aumento en vehiculos. Esto con el fin de calcular el total de ejes de 8,2T anuales y a los 20 años que resistirá el pavimento durante su vida útil. Dentro de este análisis tambien se determina el vehiculo de diseño de la vía. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| | 6. Diseño Horizontal | Proponer alternativa del eje de la vía en planta, desarrollando curvas horizontales, identificando curvas tipo según la guía de pavimentos en placa-huella y respetando la velocidad de diseño de la vía. En Civil 3D | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| | 7. Diseño Vertical | Planteamiento del eje en perfíl, diseño de la subrasante de la vía, desarrollando curvas verticales acordes al tipo de terreno del tramo vial, pendientes maximas, condiciones de drenaje y visibilidad. En Civil 3D | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| | 8. Diseño de las secciones transversales | Diseñados los ejes en planta y perfíl, se crean las diferentes secciones transversales de la vía cada 20m en tramos rectos, cada 10m en curva y cada PC y PT de las curvas. Las secciones transversales se diseñan para tramos rectos y para algunas curvas en las cuales varía el ancho regular de la vía, que es 5m. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| | 12.Volumetria del proyecto | Se realiza el calculo de la volumentria del proyecto, donde se registran las areas y volumenes de la subbase, placas-huella, piedra pegada, berma-cuneta y bordillo. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| | 9. Diseño estructural del pavimento en placa-huella. (Corredor de la vía) | Efectuar todos los componentes del pavimento en placa-huella en AutoCAD determinando sus dimensiones y materiales: Subbase, placas-huella, viga riostra, berma-cunetas, bordillos y piedra pegada. Conformados por materiales como el concreto simple, barras de acero de refuerzo, concreto ciclopeo y material granular. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena |
| | 10. Obras de Drenaje y Presupuesto | Realizar un analisis hidrologico en la zona del proyecto, calculo de la instensidad de lluvia, control hidraulico de la berma-cuneta y ubicación de alcantarillas. Elaborar el calculo detallado de todos los costos y gastos del proyecto a ejecutar. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |
| | 11. Elaboración de la documentación final. | Entrega del informe final del proyecto, elaboración de planos de planta, perfil y secciones transversales y planos estructurales del pavimento. | Juan Sebastian Hernandez Valbuena y Director |

## 5. Estado del arte

Teniendo en cuenta que, la extensión de la red vial terciaria en el país bajo el sistema de placa-huella es siempre un tema importante en las propuestas de los gobiernos entrantes al poder, donde de acuerdo a los planteado por [15] el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) debe "Elaborar conjuntamente con el Ministerio de Transporte los planes, programas y proyectos tendientes a la construcción, reconstrucción, mejoramiento, rehabilitación, conservación, atención de emergencias, y demás obras de infraestructura de su competencia".

Este apartado del documento presenta antecedentes en el que se mencionan trabajos de mejoramientos a carreteras en afirmado con el uso de placa-huella haciendo énfasis en que dicha técnica ha sido usada para la rehabilitación de una parte de la infraestructura vial de tercer orden en el país. Las vías terciarias, presentan afectaciones específicas por factores como la ola invernal sintetizados en factores climatológicos, deterioros por características de los suelos o deficiencias en manejos de la escorrentía superficial. Además, dificultades de transitabilidad por superficies deterioradas en pendientes longitudinales exigentes mayores al 10%, siendo esta última la característica más representativa en el uso de placa-huella. Ahora, serán expuestos ejemplos del uso de este tipo de mejoramiento en diferentes sectores del país.

[16] Diseñaron 1km de pavimento en placa-huella, analizando los componentes físicos y mecánicos del suelo donde se implementaría el pavimento, con sus respectivas obras para el control del drenaje en la vía en el municipio de Girardot, vereda Agua Blanca, basados en las exigencias de la Guía de diseño de pavimentos en placa-huella (2017).

[17] Realizó para la Agencia de Infraestructura del Meta (AIM), un diseño geométrico con placa-huella para una vía terciaria que se intervino en el municipio de Mapiripán Meta. En el desarrollo del proyecto se estableció la ubicación y características de la vía, para definir los

parámetros adecuados y normativa a cumplir con el fin de definir la viabilidad de la obra y el presupuesto necesarios para realizar la construcción del pavimento.

[18] Presentaron un proyecto de infraestructura vial para la vía alterna entre los municipios la Mesa y Tena (Cundinamarca) que contempló el diseño geométrico de los elementos de la vía, estudio de suelos y la elección de un pavimento tipo placa-huella, el cual se ajustaba a las exigencias presentes en la zona de trabajo y los criterios de regulación de tránsito. Hubo apoyo de software como ArcGIS y Civil 3D para el diseño geométrico, los cuales permiten un trabajo cercano a la realidad.

[19] Plantearon un proyecto que se basó en el levantamiento topográfico para el desarrollo de una propuesta de diseño geométrico para una vía terciaria que permita la conexión entre la vereda Hospicio del municipio de La Mesa con el municipio de Tena del departamento de Cundinamarca.

[20] Desarrolló una supervisión técnica de una placa-huella construida en la vereda Alto Negro, del municipio de Soraca, la cual se desarrolló bajo los lineamientos de la Guía de diseño de pavimentos en placa-huella (2015), donde hicieron uso de diferentes programas y software, para el diseño estructural de la placa huella, con los respectivos elementos que la componen.

Finalmente, se expone la normativa y manuales que han sido desarrollados por las diferentes entidades colombianas encargadas de la construcción, mejoramiento y mantenimiento en este caso de las vías de tercer orden en el país.

En el año 2016 se presentó el Proyecto Tipo para el mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa-huella, bajo el lema de soluciones ágiles para un nuevo país por parte del Departamento Nacional de Planeación (DNP). El año siguiente (2017), el Ministerio de Transporte realizó “La Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella”. Esta guía contiene 5 capítulos que

imparten parámetros para conocer los dictámenes y criterios de estructuración de un proyecto de rehabilitación y construcción vial en los sectores rurales del país.

Después, en el año 2020 el DNP presenta nuevamente el Proyecto Tipo II para el mejoramiento de vías terciarias. Este documento consiste en el planteamiento de intervenciones lineales con soluciones estructurales y funcionales de las vías terciarias e intervenciones puntuales en sitios críticos con medidas de estabilización de taludes y obras de drenaje.

Para concluir, el INVIAS desarrolló un programa llamado “Colombia Rural” en el cual buscan garantizar la atención de las vías terciarias con estrategias para generar corredores transitables con el mantenimiento, ya sea rutinario (con mano de obra) o periódico (maquinaria pesada) y corredores duraderos con el mejoramiento, desarrollando pavimentos convencionales, muros de contención, placa huella, obras de drenaje y tecnologías alternativas. A causa del mal estado de la red terciaria, es necesario el desarrollo de estos programas para disminuir la inequidad en el sector rural e impulsar la economía del país con el aprovechamiento del campo colombiano.

# 6. Marco referencial

## 6.1 Marco histórico

La necesidad de conexión entre comunidades a lo largo de la historia del país se remonta a los tiempos del indígena precolombino, los cuales desarrollaban habilidades ingenieriles, donde lograron construir y desarrollar caminos y trochas a pesar de la topografía y las condiciones climáticas que predominan en diferentes zonas del país.

Por haber desarrollado sus civilizaciones sobre las cordilleras, su arte de construir trochas y puentes, de llegar a comunidades distantes escalando montes y cruzando ríos los llevó a hacer puentes de bejucos, empedrar caminos y hacer escaleras. Las construcciones de estas rutas tenían el fin de llegar a diferentes puntos para establecer trueques con las diferentes comunidades.

Del mismo modo, en la Nueva Granada se desarrollaron los “caminos reales” los cuales eran caminos de herradura por los que se transitaba a pie o en bueyes de carga. Desde la Ley del 28 de mayo de 1864, puede considerarse como el primer paso fundamental en la estructuración de un plan vial integral, que fue completada con la Ley 52 de 1872, en la época de la segunda presidencia de Murillo Toro. Asimismo, en 1873 hubo una verdadera fiebre vial en toda Colombia.

A partir de 1890 a 1893 se construyó el primer pavimento en Colombia, en las calles del centro de Bogotá y en el parque de la plaza Bolívar. Luego, en 1910 la Asamblea Nacional ordenó el traslado de las carreteras nacionales a los departamentos y transfirió recursos para su construcción. Después, en 1913 se suscribieron 9 contratos para pavimentar más de 8000 m² de vías. En esa época (1916) el 88% de las carreteras construidas se concentraban en Cundinamarca y Boyacá.

Se desprende que, los caminos pavimentados se realizaban para unir las cabeceras de las ciudades económicamente importantes, puesto que su costo de inversión era alto y radicaba una necesidad mayor, dejando a un lado las vías rurales. No obstante, a partir del 2007 se inició un proceso en el país, de construcción y rehabilitación de los caminos rurales por medio de uso del sistema placa-huella, "Una mezcla de agregado ciclópeo en una proporción al 40% del volumen total y un concreto de 140 kg/cm^2 sobre una subbase granular, que presenta un gran comportamiento tanto económico como estético, en las vías rurales del país" [21]

## 6.2 Marco conceptual

Dentro del análisis de vías es importante reconocer algunos conceptos fundamentales tales como carreteras y su clasificación, diseño geométrico (alineamiento, perfil y secciones transversales), velocidad de diseño, curvas horizontales, curvas verticales, entre otros.

### *6.2.1 Carreteras y su clasificación*

Una carretera se define como infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma. [22] Las carreteras se clasifican de acuerdo con su funcionalidad y tipo de terreno.

Según su funcionalidad se dividen en vías primarias, secundarias y terciarias:

*Vías primarias*: aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este con los demás países (fig 3). Este tipo de carreteras deben funcionar pavimentadas. [2]

**Figura 3.** *Vía primaria*

Tomado de [23]

*Vías secundarias*: aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado. [2]

**Figura 4.** *Vía secundaria*

Tomado de [24]

*Vías terciarias:* aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias. [2]

**Figura 5**. *Vía terciaria*

Tomado de [25]

Según el tipo de terreno las carreteras se dividen en terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado. El tipo de terreno es determinado por la topografía predominante en el tramo de estudio.

*Terreno plano:* exige un mínimo movimiento de tierras durante la construcción, debido a esto no presenta dificultad en el trazado ni en la explanación. Tiene pendientes longitudinales normalmente menores de 3%. [2]

*Terreno ondulado:* requiere un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre (3% y 6%). [2]

*Terreno montañoso:* generalmente para construir carreteras sobre estos terrenos se requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, por esta razón, presenta dificultades en el trazado y explanación. Sus pendientes longitudinales están entre (6% y 8%). [2]

*Terreno escarpado:* exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, esto acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación. Tiene pendientes longitudinales superiores al 8%. [2]

### *6.2.2 Diseño geométrico de carreteras*

Dentro de la construcción de una carretera el diseño geométrico juega un papel fundamental. Esta técnica consiste en situar el trazado de una carretera en el terreno teniendo en cuenta diversos factores, entre ellos la topografía del terreno, geología, medio ambiente, hidrología y factores sociales y urbanísticos. Estos trazos de carreteras se logran mediante alineamientos horizontales, verticales y transversales guardando armonía entre ellos. El diseño definitivo de estos alineamientos debe garantizar la operación, comodidad y seguridad para los usuarios finales a quien va dirigida la carretera. [26]

Como primer parámetro del diseño geométrico se debe tener en cuenta la velocidad de diseño. Esta se define como la velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad. [2]

La asignación de la velocidad de diseño debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Además, 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.

Para garantizar la consistencia en la velocidad, se debe identificar a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a lo que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, es denominada Velocidad de diseño en un tramo homogéneo (Vtr) y es definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno figura 6 [2]

**Figura 6.** *Valores de la Velocidad de Diseño de los tramos homogéneos (Vtr) en función de la categoría de la carretera y el 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 | | | | | | | | | | |

Tomado de [2]

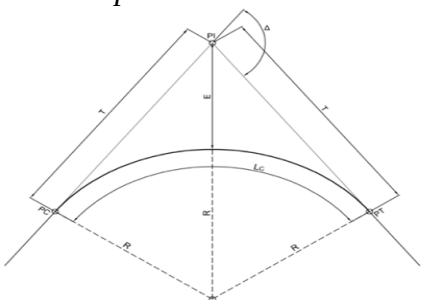
La velocidad de diseño escogida para el desarrollo del proyecto, siendo esta una vía terciaria con un tipo de terreno montañoso fue de (30km/h).

***6.2.2.1 Diseño en planta del eje de la carretera o alineamiento horizontal.*** Es la representación en planta del eje de la vía. Está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa, también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño. [2]

A continuación, se describen los diferentes tipos de curvas horizontales y se indican los elementos que las conforman:

*Curva circular simple:* presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio Figura 7. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida. [2]

**Figura 7**. *Elementos curva circular simple*




Tomado de [2]

Donde:

PI: Punto de cruce de dos tangentes que forman la curva.

PC: Punto de inicio de la curva.

PT: Punto final de curva.

Δ: Angulo de deflexión en el PI, en grados o radianes.

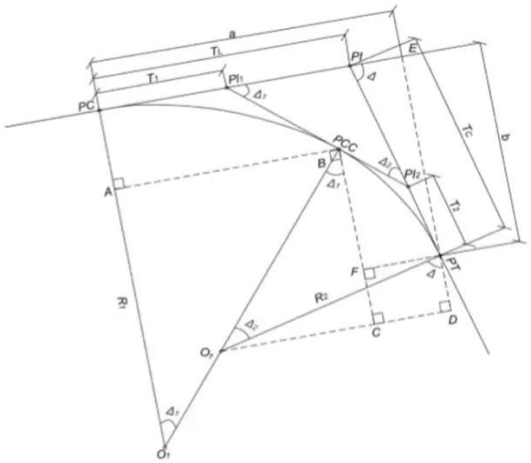
R: Radio del arco circular, en metros.

Lc: Longitud del arco circular, en metros.

T: Tangente de curva, en metros.

*Curva circular compuesta*: son curvas formadas por dos o más curvas circulares simples consecutivas, tangentes en un punto común y con sus centros al mismo lado de tangente común. El punto de tangencia se llama punto de curvatura compuesta (PCC). [27]

**Figura 8.** *Curva circular compuesta*




Tomado de [2]

*Curva espiral clotoide:* este tipo define el empalme entre una recta y arco circular de radio Rc. Es el empalme básico para conformar los diferentes tipos de curvas espiralizadas. La espiral clotoide corresponde a la espiral con más uso en el diseño de carreteras ya que sus bondades con respecto a otros elementos geométricos curvos permiten obtener carreteras cómodas, seguras y estéticas. Con el empleo de las curvas espirales se mejora considerablemente la apariencia en relación con curvas circulares únicamente. En efecto, mediante la aplicación de espirales se suprimen las discontinuidades notorias al comienzo y al final de la curva circular. [2] La ecuación fundamental de la espiral Clotoide es la siguiente:

$$\mathbf{L \times R = A^2}$$

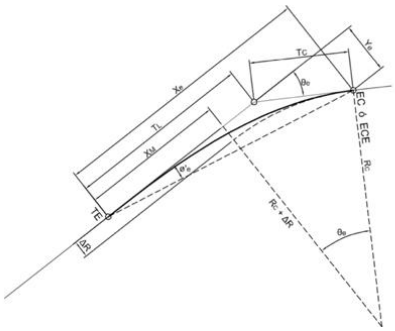
Donde:

L: Longitud desde el origen a un punto de la curva, en metros.

R: Radios en los puntos indicados, en metro

A: Parámetro de la clotoide, en metros.

**Figura 9** *Elementos curva espiral clotoide*




Tomada de [2]

Otros conceptos pertenecientes al alineamiento horizontal de la vida son el peralte, la fricción transversal máxima y el radio de curvatura mínimo.

*Peralte máximo para carreteras terciarias (emax):* el peralte es considerado un elemento de seguridad vial. En el momento en el que un vehículo entra en una curva, las fuerzas que actúan sobre este al realizar el giro provocan una tendencia a continuar la dirección de inicio, es decir, en línea recta. La presencia del peralte contrarresta estas fuerzas y ayuda a que el vehículo se mantenga en la carretera y evita su salida. Para una vía terciaria, la cual es el tipo de vía en estudio del presente proyecto, especialmente en terreno montañoso y escarpado, es difícil disponer de longitudes de entre tangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de (6%). [2]

*Fricción transversal máxima (Ftmax):* la fricción transversal está determinada por numerosos factores, entre los cuales: estado de superficie de rodadura, velocidad del vehículo y tipo de condiciones de las llantas. A continuación, se presentan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por la AASHTO, los cuales se indican en la Figura 10. [2] El coeficiente de fricción transversa9l máxima para una velocidad específica de (30km/h) es de 0,28.

**Figura 10.** *Coeficiente de fricción transversal máxima*

| 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 |

Tomado de [2]

*Radio de curvatura mínimo (Rc min):* el radio mínimo, es el valor límite de curvatura para una velocidad específica de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal máxima. El radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. En la Figura 11 se indican los valores de radio mínimo para diferentes velocidades específicas, según el peralte y la fricción máximos. [2]

**Figura 11.** *Radio mínimo para peralte máximo de 6%*

| 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 |
| 60 | 6,0 | 0,17 | 0,23 | 123,2 | 123 |

Tomado de [2]

Para una velocidad especifica de (30km/h) el radio mínimo que deben tener las curvas del alineamiento horizontal es de (21m).

**6.2.2.2 Diseño en perfil del eje de la carretera o 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 dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, velocidad del proyecto, costos de construcción y operación, porcentaje de vehículos pesados y su rendimiento en ascensos.

Para que el alineamiento horizontal y el vertical sean consistentes y balanceados, es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma velocidad específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio. [2]

*Pendiente máxima:* 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 veinte y sesenta kilómetros por hora (20 – 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes. [2]

A continuación, en la figura 12, se presentan las pendientes máximas según la categoría de la carretera y la velocidad de diseño de esta. Se puede observar que la pendiente máxima para una vía terciaria y con una velocidad de diseño en tramo homogéneo de (30km/h) es del 7%.

**Figura 12.** *Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (Vtr)*

| 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 | - | - | - | - | - | - | |

Tomado de [2]

*Longitud mínima:* la longitud mínima de las tangentes verticales con velocidad especifica menor o igual a (40km/h) será equivalente a la distancia recorrida en (7seg) a dicha velocidad, medida como proyección horizontal de PIV a PIV. Como se puede observar en la Figura 13, se presenta la longitud mínima de la tangente vertical según la velocidad específica de la vía. [2]

La figura 13 presenta la longitud mínima de la tangente vertical de acuerdo con la velocidad especifica de la vía. Para una velocidad específica de tangente vertical de (30km/h) la longitud mínima de la tangente vertical es de (60m).

**Figura 13.** *Longitud mínima de la tangente vertical*

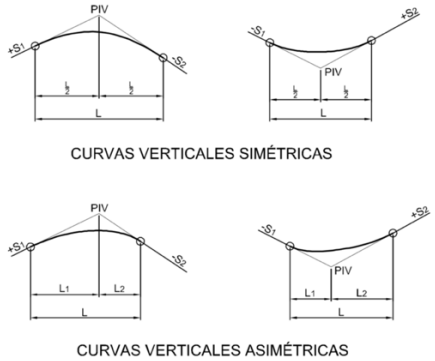
| VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL $V_{TV}$ (km/h) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m) | 40 | 60 | 80 | 140 | 170 | 195 | 225 | 250 | 280 | 305 | 335 | 360 |

Tomado de [2]

*Curvas Verticales*: Son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida. El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denomina PCV y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de esta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV. [2]

Las curvas verticales pueden clasificarse por su forma como curvas cóncavas o convexas y de acuerdo con su proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. La figura 8 muestra esta clasificación. [2]

**Figura 14.** *Tipos de curvas verticales simétricas o asimétricas*




Tomado de [2]

La longitud mínima de la curva vertical cóncava o convexa depende de la velocidad especifica de la vía, su distancia de visibilidad de parada y los valores de Kmin sea una curva cóncava o convexa. La Figura 15 muestra diferentes longitudes mínimas según criterio de operación. Para una vía con una velocidad específica de 30 km/h con una distancia de visibilidad de parada de 35 m la longitud mínima de curva cóncava o convexa es de 20 m.

**Figura 15.** *Valores de (Kmin) para el control de distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales*

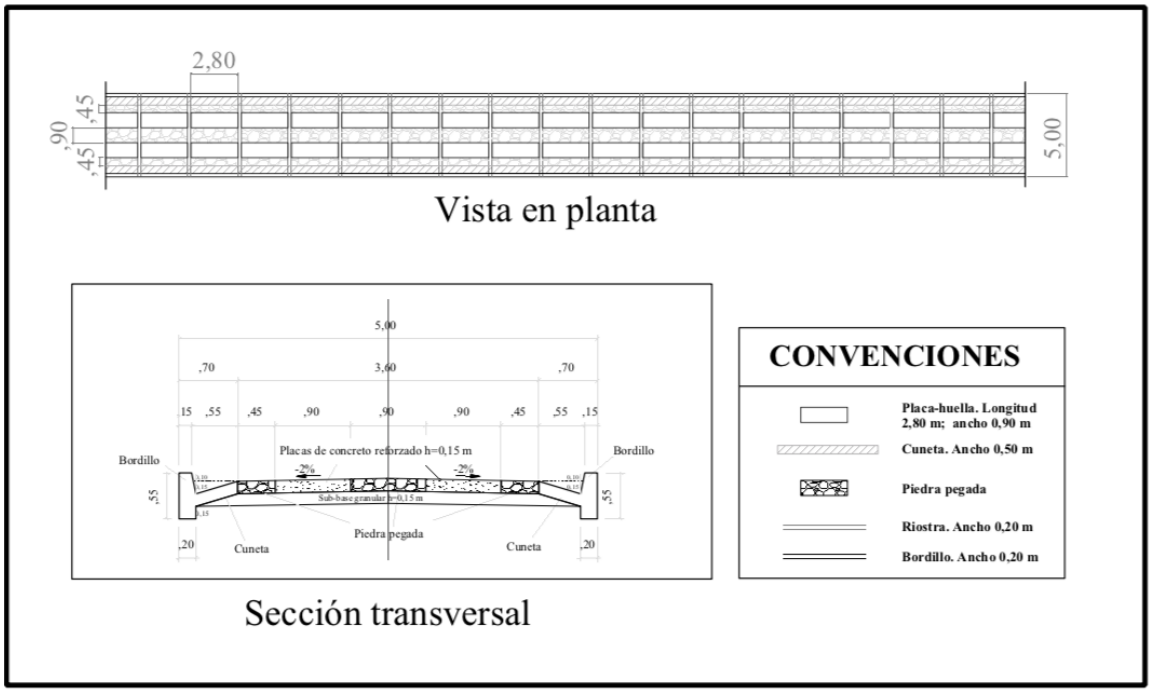
| VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{CV}$ (km/h) | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) | VALORES DE $K_{min}$ | | | | LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CURVA CONVEXA | | CURVA CÓNCAVA | | |
| | | CALCULADO | REDONDEADO | CALCULADO | REDONDEADO | |
| 20 | 20 | 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 |
| 130 | 285 | 123.4 | 124.0 | 72.7 | 73.0 | 78 |

Tomado de [2]

**6.2.2.3 Sección Transversal de una carretera.** La sección transversal de una carretera en un punto de esta es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. De esta manera se podrá fija la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a remover (corte y relleno). [28]

En la figura 16 se muestra la sección transversal típica de un pavimento con placa-huella en tangente o recta. En esta figura se observan los elementos y dimensiones que forman parte de la sección transversal del pavimento y también una vista en planta del tramo en tangente del alineamiento horizontal.

**Figura 16.** *Vista en planta y transversal de un tramo recto de placa-huella*




Tomado de [11]

*Ancho de zona o derecho de vía:* es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad y desarrollo paisajístico. [2] En la Figura 17 se puede observar que el ancho de zona para una carretera terciaria es de 12 m.

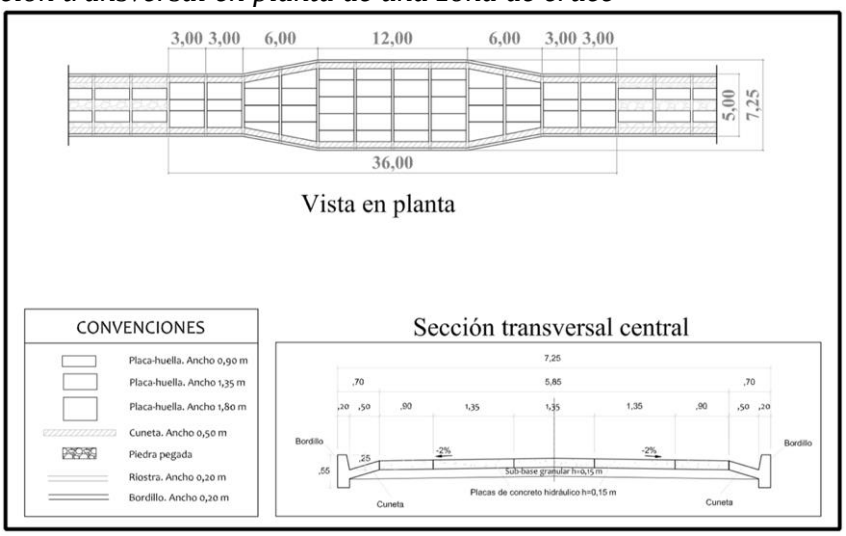
**Figura 17** *Ancho de zona*

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | ANCHO DE ZONA (m) |
|---|---|
| Primaria de dos calzadas | > 30 |
| Primaria de una calzada | 24 – 30 |
| Secundaria | 20 – 24 |
| Terciaria | 12 |

Tomado de [2]

*Sección Transversal en zonas de cruce:* el cruce de un camión o bus con otro camión o bus no es posible en una sección de 5 metros de ancho por lo que obligatoriamente deben hacer uso de los tramos en tangente cuya sección transversal es más amplia y adecuada para efectuar dicho cruce. Estos tramos se denominan zonas de cruce. En cada tangente debe proporcionar al menos una zona de cruce, tratando de localizarla en la parte central de dicha tangente. Si la tangente es larga debe proporcionar más de una zona de cruce, sin que el espaciamiento entre una y otra supere los 200 metros. [11]. A continuación, se muestra en la figura (10) un tramo en tangente con sobre ancho para zonas de cruce de vehículos, se puede observar que la sección transversal del pavimento aumenta y los elementos de la placa-huella pasan a ser solamente losas de concreto reforzado, para una adecuada resistencia de las fuerzas generadas por los vehículos.

**Figura 18.** *Sección transversal en planta de una zona de cruce*




Tomado de [11]

**6.2.2.4 Elementos que integran el pavimento con Placa-huella y sus funciones.** El pavimento con placa-huella los integran los siguientes elementos, tal como se observa en la Figura 18, los cuales hacen referencia a un tramo en tangente:

*Subrasante:* 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. Además, la subrasante que se evalúa para calificar su capacidad de soporte es el estrato subyacente al afirmado existente. [11]

*Sub-base:* deberá tener como mínimo 0,15m de espesor en todo el ancho de la sección transversal. Si la conformación de la superficie existente no permitió configurar el bombeo en las tangentes -2% y el peralte y su transición de curvas 2% esta tarea se debe efectuar cuando se construye la subbase. Lo anterior implica que la subbase tendría en la zona central de la calzada y en la parte externa de las curvas horizontales un espesor superior a los 0,15m. [11]

Una de las funciones de la subbase es constituir una superficie de trabajo limpia para construir sobre ella los elementos restantes que conforman el pavimento con placa-huella. Otra

función importante es incrementar la rigidez de la superficie de apoyo de las placas-huellas, piedra pegada y de las bermas cunetas. [11]

*Placa-huella:* una placa huella es un elemento estructural, compuesto por concreto y agregado de tamaño medio, utilizado en las vías terciarias, con el fin de mejorar la superficie de tránsito vehicular en terrenos que presentan mal estado de transitabilidad y requiere un mejoramiento a mediano plazo. Es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente. [29]

*Riostra:* es una viga transversal de concreto reforzado cuya función es exclusivamente de confinamiento transversal de los elementos que se construyen sobre la subbase (placa-huella, piedra pegada, berma-cuneta y bordillo.[11]

*Piedra Pegada:* es una capa de concreto ciclópeo (concreto simple + piedra rajón) con espesor de 0,15 m. Disminuye los costos de construcción del pavimento ya que es un material menos costoso que el concreto simple. Además, propicia la canalización del tránsito, dado a la alta rugosidad de la piedra pegada, obliga a los conductores a circular por la placa-huella, que es el elemento diseñado para soportar los esfuerzos de los vehículos. [11]

*Berma-cuneta y Bordillo:* son elementos de drenaje superficial construidos en concreto reforzado, fundidos monolíticamente y articulados estructuralmente con la riostra. Fundirlos monolíticamente es evitar la junta de construcción que se formaría entre ambos elementos, juntas que con el paso del tiempo se convertiría en fisura que permitiría la infiltración del agua y posteriormente el deterioro del pavimento. [11]

*Otros elementos de drenaje superficial y subdrenaje:* adicionalmente a las berma-cunetas el pavimento debe contemplarse con alcantarillas y aliviaderos, así como subdrenes en el caso de que sean requeridos. [11]

A continuación, se presentan los elementos adicionales que están en una sección transversal en placa-huella en una curva horizontal:

*Peralte:* se ha adoptado para todas las curvas horizontales, independientemente del valor de su radio, el valor único del 2%. [11]

*Sobre ancho:* Es el incremento que se le da a la sección transversal en tangentes muy largas y en algunas curvas, según su radio y deflexión. Se hace para brindar una mejor movilidad y que en las curvas o zonas de cruce, los vehículos, buses o camiones no transiten en lo posible sobre la piedra pegada. [11]

**6.3 Marco legal**

Es de suma consideración regirse bajo la normatividad vigente para no tener multas las cuales puedan afectar el desarrollo de la obra. A pesar de que el alcance del presente proyecto solo sea a modo propuesta y no de construcción, es necesario conocer aspectos como si el proyecto fuera a ser ejecutado.

Es importante mencionar que para el presente diseño se consideró el uso de las normas vigentes y documentos técnicos de las diversas entidades públicas a cargo del desarrollo de las obras viales en el país. Se presentan algunas normativas necesarias para el desarrollo del proyecto:

*Resolución 000744 de 2009*: se adopta el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), además de los documentos posteriores que las actualicen o modifiquen.

*Decreto 2618 de 2013:* por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y se determinan las funciones de sus dependencias.

*Resolución 1376 de 2014:* por el cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras publicado en la resolución 003288 de 2007 por el Ministerio de Transporte.

*Proyectos tipo (2016) (2020):* presentados por parte del Departamento Nacional de Planeación (DNP) donde se realiza una guía para el mejoramiento y mantenimiento de vías terciarias, como el uso de placa-huella y otros sistemas.

*Decreto 4401 de 2017:* por el cual se adopta la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella realizado por el INVIAS.

## 7. Impacto

Este proyecto es de carácter social y busca obtener una contribución significativa para los habitantes del barrio Buenos Aires en el municipio de Floridablanca y a todos los usuarios que utilizan esta vía, entregándole a la administración municipal un documento final con los requerimientos legales exigidos por el Ministerio de Transporte por medio del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para la formulación de un proyecto vial de tercer orden. Además, se someterá a evaluación técnica por parte de la entidad, quien a su vez es la directa responsable de la gestión administrativa y política para la construcción de este tipo de vías. El principal impacto se verá reflejado con la posibilidad de presentar ante los distintos entes territoriales por parte del municipio la solicitud de financiamiento, subsidio y/o inversión, permitiendo la construcción final de la vía y beneficiando de manera exponencial los factores socioeconómicos de la población del área de influencia.

# 8. Desarrollo del proyecto

*Desarrollo objetivo específico 1*

La geometría de vía es uno de los indicadores esenciales del estado de la carretera, está relacionada con muchos fenómenos de degradación y se usa a menudo para determinar la lista de actividades de mantenimiento y renovación de las vías. [30]

Las vías terrestres, están expuestas a innumerables elementos y actividades que afectan negativamente a su estado y potencialmente a la seguridad de los pasajeros y mercancías. Por esta razón se realizó como primera actividad, un reconocimiento al estado de la vía y así se definieron las razones por las cuales era necesario un mejoramiento en placa-huella.

## 8.1 Reconocimiento de la zona del proyecto

Fue necesario realizar un reconocimiento a la zona donde está ubicada la vía, desarrollando un inventario detallado de la geometría vial y la topografía aledaña.

*Inventario Vial:* la vía de tercer orden que conecta el barrio Buenos Aires con la Avenida Floridablanca – Piedecuesta en el km 45ª, es una vía en afirmado compuesta de material granular compactado. Tiene una longitud de 706 metros aproximadamente, con una sección transversal de medida fija de 5 metros. También, observé que la vía está compuesta por 7 curvas horizontales simples y 4 curvas verticales parabólicas.

Es importante destacar que esta vía hace mucho tiempo no cuenta con ningún elemento en su sección transversal que genere cambios en la infraestructura vial con el propósito de mejorar sus especificaciones técnicas. Por ejemplo, para el manejo del drenaje, hay ausencia de alcantarillas, cunetas, filtros o pontones como se observa en la figura 1.También, muros de

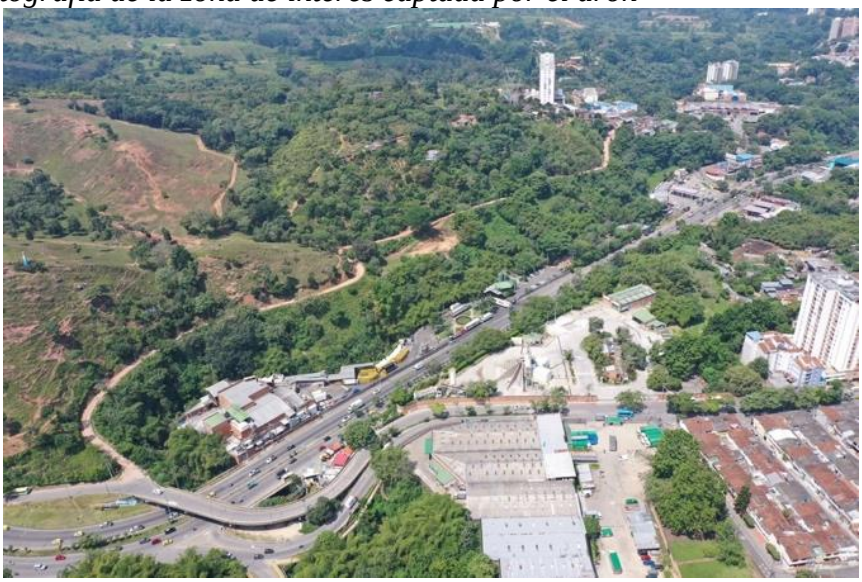
gaviones o cualquier otro sistema para controlar la erosión de rocas sobre la vía y reforzar el talud de corte como se observa en la figura 19. Conviene destacar, que hace muchos años los habitantes del barrio decidieron construir unas placas de concreto simple en ciertos tramos de la vía sobre el afirmado, para mejorar el paso del tránsito sobre todo en épocas de bastante precipitación. Sin embargo, estas placas no estuvieron construidas sobre una subbase de apoyo para aumentar la rigidez de las mismas, tampoco se dispuso de un acero longitudinal y transversal para generar un refuerzo a las losas. Además, no se realizó un estudio de tránsito que tuviera en cuenta algún vehículo de diseño para la resistencia del hormigón. Por estas razones, las placas fallaron rápidamente como se observa en la figura 20.

**Figura 19.** *Inestabilidad de taludes*

**Figura 20.** *Placas de concreto simple con fallo por carga ultima*

Ahora, ya realizado el reconocimiento de la zona del proyecto con la descripción de su geometría y características de la vía, se procede a mostrar una fotografía aérea de toda la longitud de la vía donde se diseñará el pavimento en placa-huella, para una mejor ubicación geográfica del lector.

**Figura 21.** *Fotografía de la zona de interés captada por el dron*



**8.2 Levantamiento topográfico mediante fotogrametría aérea con dron**

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, se denomina a este acopio de datos o plano que refleja a detalle y sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones. [31]

Al no contar con el equipo necesario para realizar el levantamiento topográfico con herramientas como estación total, plomada, trípode, entre otros. Se evaluó la necesidad de obtener la topografía del terreno mediante fotogrametría aérea con dron.

Un levantamiento topográfico con drones o vehículos no tripulados consiste en capturar datos aéreos con sensores orientados hacia abajo, como cámaras RGB o multiespectrales. Durante el levantamiento el suelo se fotografía varias veces desde diferentes ángulos y cada imagen se referencia con coordenadas. [32]

Algunas de las ventajas de realizar levantamientos topográficos mediante fotogrametría son:

- Reducir el tiempo de campo y los costos del levantamiento.
- Proporciona datos precisos y exhaustivos.
- Mapea áreas que de otro modo serían inaccesibles.

Para el levantamiento fotogramétrico de la vía de estudio de este proyecto se realizaron los siguientes pasos:

Se generó un plan de vuelo partiendo de un polígono en kmz creado en Google Earth Pro sobre la zona de influencia de la vía. Este plan de vuelo fue generado con el desarrollo de una grilla en 3D ejecutada en el programa Pix4d en sentido longitudinal y transversal. Después, se

indicaron los centímetros por píxel que se querían de resolución, en este caso fueron escogidos 5cm de resolución. Además, se calculó la altura de vuelo 200m y se indicó que el porcentaje de traslapo entre fotos fuera del 70% mínimo, debido a que la redundancia de las fotos hace que el modelo del terreno se construya lo más exacto posible a la realidad mediante el “Overlap”.

A continuación, en la figura 22 se puede observar el polígono que fue trazado en Google Earth Pro sobre el área de la vía objeto de estudio. Determinando un punto A, como inicio de la vía y punto B como la finalización de esta.

**Figura 22**. *Polígono de la zona de influencia*

Adaptado de: [33]

En la estación de gasolina Tiger Market, lugar cercano a la vía de estudio, se dispuso la aeronave para que hiciera el sobrevuelo en toda la grilla programada y aterrizara nuevamente en el punto de partida.

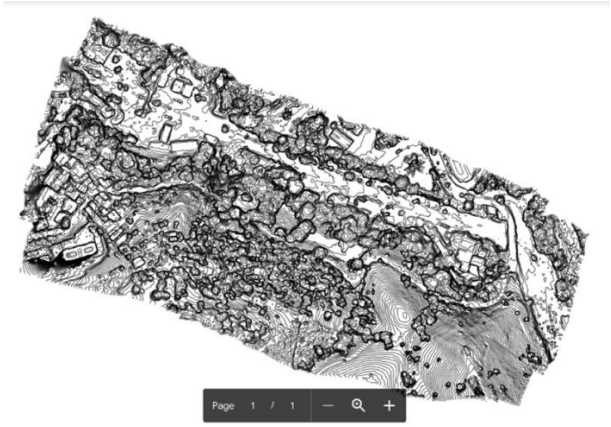
En la figura 23, se muestra el dron que fue utilizado para la fotogrametría aérea.

**Figura 23.** *Dron encargado de captar las fotografías para obtener la topografía superficial*

Posteriormente las fotografías tomadas por la cámara del dron fueron descargadas e incorporadas al programa FotoScan de Agisoft. Para la obtención de la topografía del lugar, el programa realizó unos parámetros de ensamble de las fotos mediante una nube dispersa de puntos, adicionalmente desarrolló una nube densa de puntos. Después se ejecutó el DEM (Modelo de Elevación Digital), finalmente se armó la orto fotografía y se exportaron las curvas de nivel a partir del archivo DEM que genera el software Agisoft. Para este proyecto se tomaron distancias de curvas de nivel de (2m) para curvas menores y (10m) para curvas mayores, de esta manera tener un modelo de terreno lo más parecido a la realidad y hacer el diseño geométrico de una forma más exacta.

En este punto, ya habiendo generado las curvas de nivel, se da por entendido que la configuración geométrica de la vía ya se conoce en su totalidad.

**Figura 24.** *Curvas de nivel del terreno donde se realizará el diseño geométrico y estructural en placa huella*

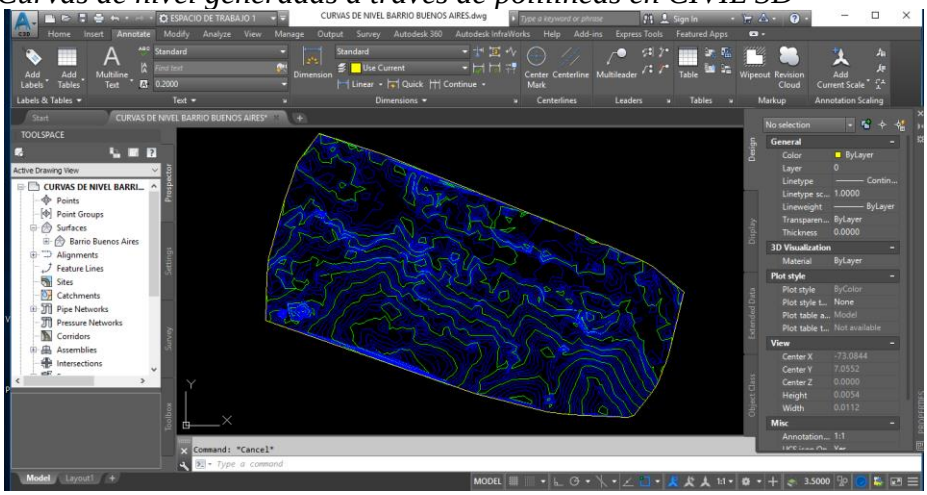



Adaptado de [34]

El archivo en DXF de las curvas de nivel se importó al programa AutoCAD CIVIL 3D. Estas curvas se exportaron como polilíneas. Sin embargo, para hacer el diseño geométrico fue necesario transformar estas polilíneas a una superficie.

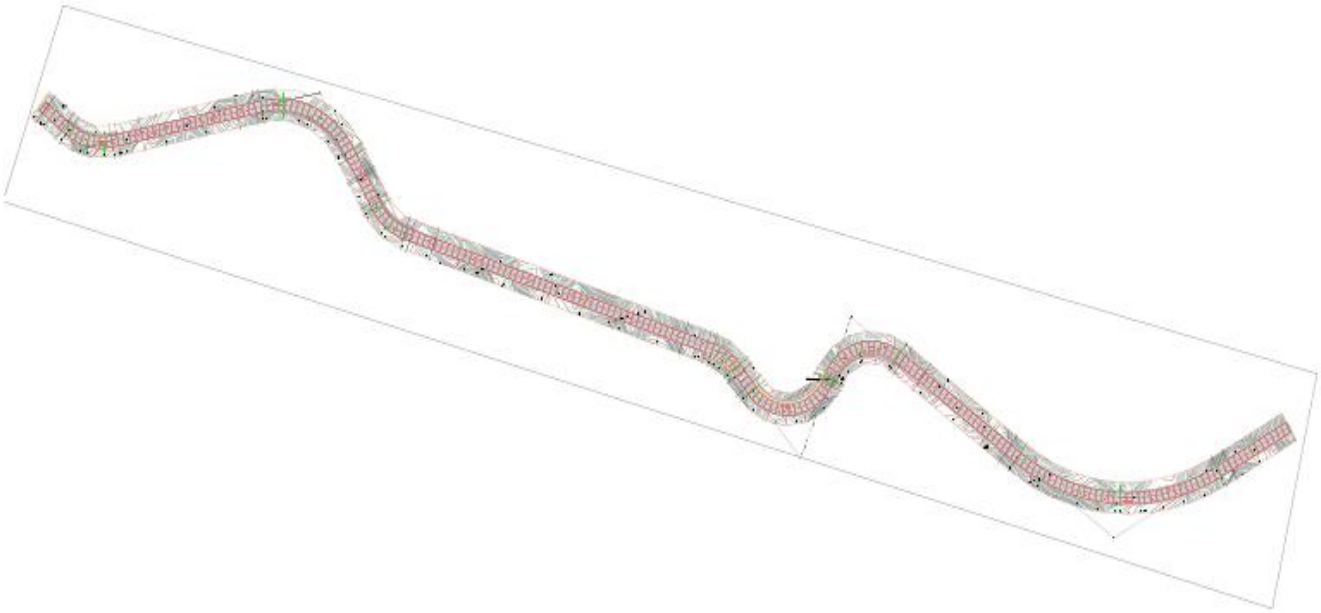
Ya creada la superficie se crearon las curvas de nivel, donde las curvas menores tenían una distancia de 2m y las curvas mayores se marcaban cada 10m.

**Figura 25.** *Curvas de nivel generadas a través de polilíneas en CIVIL 3D*




A continuación, se observa el diseño del alineamiento horizontal con la superficie de curvas de nivel sobre la que fue realizado.

**Figura 26.** *Alineamiento horizontal y superficie de curvas de nivel en AutoCAD Civil 3D*



*Análisis de desarrollo del objetivo especifico.*

Realizados los anteriores pasos se pudo dar cierre al cumplimiento del objetivo 1 sobre la configuración geométrica de la vía objeto de estudio, mediante la realización de un levantamiento fotogramétrico con dron que generó información digital para poder realizar el diseño geométrico de la vía.

Antes de determinar las propiedades mecánicas de la subrasante mediante la realización de un estudio de suelos (objetivo 2), fue necesario realizar un análisis de tránsito.

## 8.3 Análisis de Tránsito

Los parámetros de diseño del pavimento en placa huella dependen de dos factores: el primero es el tipo de terreno con determinación del ancho de la plataforma y el segundo es el

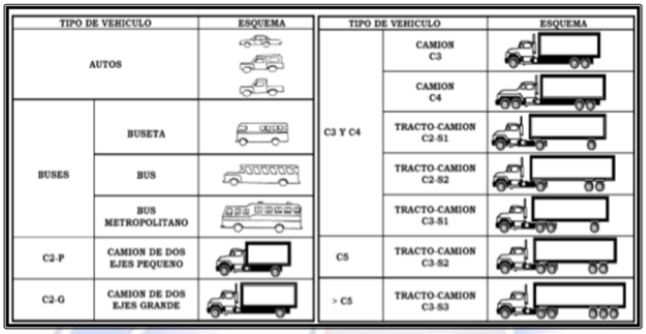
tránsito pesado similar a las condiciones del camión C3, con tres ejes de 8,2 toneladas que circula por la vía a intervenir.

El tipo de tránsito que tiene la vía se determinó tomando a los vehículos pesados con iguales condiciones que al vehículo de diseño C3, que pasan por la zona de la vía en un día y en ambas direcciones. Se sumó la totalidad de carros que transitaron durante una semana y se dividió en siete para tener un promedio del tránsito que recorre la vía semanalmente (TPDs). Cabe resaltar, que fueron considerados como vehículos pesados aquellos que tuvieran un peso mayor a 5 toneladas como camionetas, camiones, buses, tractores, etc. [35]

*Clasificación de los vehículos:* [11] indica que el vehículo de diseño es el camión C-3, ya que se estima que es el vehículo pesado de mayor carga que transitará por esta vía durante su vida útil.

En la figura 27 se puede observar la clasificación de los diferentes tipos de vehículos.

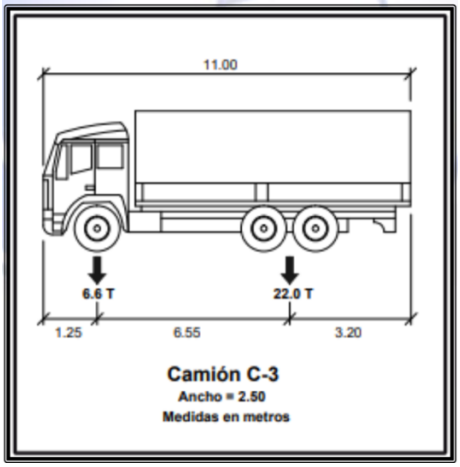
**Figura 27**. *Tipos de vehículos*




Tomado de [11]

La figura 28, nos muestra el vehículo de referencia para el análisis del tránsito sobre las placas-huella, es el camión de tres ejes o C3, esta placa huella resiste cargas iguales o menores a las que demandan este tipo de vehículos.

**Figura 28**. *Vehículo para diseño de pavimento en placa huella*




Tomado de [11]

*Localización e información específica del sector del proyecto:* Floridablanca es un municipio colombiano del departamento de Santander, ubicado al noreste de Colombia. Tiene una extensión aproximada de 97 km2; y se encuentra conurbado con la ciudad de Bucaramanga y pertenece a su área metropolitana. Floridablanca es conocida por su turismo, sus parques, centros comerciales, clínicas, educación de calidad y ha sido polo del progreso de la región durante los últimos años.

De acuerdo con los datos oficiales del DANE, Floridablanca tiene 500.000 habitantes (proyección 2018) que la consolida como la segunda ciudad con mayor cantidad de habitantes en Santander.

Con respecto a la economía del municipio, el sector más importante es el sector terciario, especialmente la actividad comercial. En el sector industrial el 50% de las empresas se dedica a la producción de alimentos, el 14,3% a la fabricación de prendas de vestir y el mismo guarismo a la fabricación de minerales no metálicos 14,3 %. Estos rubros agrupan el 80% del total de establecimiento.

*Área de influencia y zonificación:* el proyecto vial para el barrio Buenos Aires del municipio de Floridablanca-Santander, busca mejorar la movilidad para la zona urbana y rural del barrio, que beneficiaria con la construcción del pavimento en placa-huella a todas las personas que quieran ingresar al barrio y a los colegios Goyavier y FCUIS. También para los vehículos que pretendan utilizar esta carretera como vía alterna para ingresar a Ruitoque Bajo o veredas como Acapulco, la Hormiga, Bosconia. Por otro lado, esta vía también conecta con el puente Aranzoque que nos dirige al parque central y la zona comercial del municipio de Floridablanca. Es importante destacar que esta vía también sirve como acceso a la Avenida Floridablanca-Piedecuesta en el sentido norte-sur, como alternativa a la vía principal por la cual siempre se presenta congestión vial por accidentes o horas pico.

En la figura 29 se puede observar la longitud total de la vía, donde se realizará el mejoramiento en placa-huella.

.

**Figura 29.** *Localización de tramo en placa huella*

Adaptado de [33]

*Aforos de tránsito:* El presente estudio de datos fue basado en la toma y registro de la componente vehicular de una vía terciaria en el Municipio de Floridablanca con una longitud de (706m) aproximadamente. Esta inicia en el puente Aranzoque que conecta la vía con la avenida Floridablanca- Piedecuesta sentido norte-sur. Allí se realizó el conteo vehicular.

Durante el desarrollo del estudio, fue posible comprobar que existía tránsito de vehículos pesados que transportan productos agrícolas y carnes, hacia la zona comercial del municipio. También, de vehículos livianos para ingreso al barrio y buscando conexión con otras vías del sector.

*Registro de la información documental y de campo:* para captar con exactitud el volumen de tránsito se realizó el conteo en el punto de la vía que se encuentra conectando con el puente Aranzoque y que conduce al parque principal de Floridablanca, también, conecta con la avenida Floridablanca-Piedecuesta. Este punto de registro de la información cuenta como entrada o salida de la vía. A continuación, se observan los resultados obtenidos de la figura del tránsito vehicular.

**Figura 30.** *Conteo de tránsito. Barrio Buenos Aires*

**FICHA DE CONTEO DE TRÀNSITO VEHICULAR**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | Junio de 2022 | | | | |
| **Departamento** | Santander | **Pavimento** | Concreto reforzado | **Estado Pavimento** | Regular |
| **Direcciòn** | Municipio de Floridablanca | **Ancho de via** | 5,00 m | | |
| **Barrio** | Buenos Aires | **Ancho de acera** | 0 m | **Estado acera** | Sin acera |

**Componentes del conteo**

| Descripciòn | Primera dia | Segundo dia | Tercer dia | Cuarto dia | Quinto dia | Sexto dia | Sèptimo dia | TPD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Autos | 90 | 110 | 87 | 102 | 93 | 80 | 96 | 94 |
| Buses | 4 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| C3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C2P | 6 | 8 | 12 | 10 | 8 | 13 | 7 | 9 |
| C2G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C3C4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Registro fotogràfico**

**Observaciones:** Via sin pavimento y con irregularidades en el afirmado, obras de drenaje y de contensión inexistentes. El tramo a intervenir está en zona rural.

**Revisò:** **Edwin Fabian Restrepo Rojas**

**RESUMEN COMPOSICIÓN VEHICULAR DE SIETE DÍAS. MUNICIPIO LA PAZ**

| Autos | Buses | C3 | C2P | C2G | C3 C4 | C5 | C6 | TPD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 94 | 2 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 |
| 88,68% | 1,75% | 0,94% | 8,63% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |

**RESUMEN TRÀNSITO VEHICULO C3**

| | |
|---|---|
| **Nùmero de vehiculos pesados C3 dia** | **1** |
| **% del Trànsito** | 1% |

Diseñado por: Juan Sebastian Hernandez Valbuena
**CC: 1095833932**
Estudiante de Pregrado

Página

Para el cálculo del NESE de 8,2 Tn en el estudio de tránsito, se tuvo en cuenta el dato de volumen vehicular mayor, el cual es el promedio del Transito Promedio Diario (TPD) que se obtuvo en el conteo por cada tipo de vehículo.

**Figura 31**. *Resumen conteo de tránsito*

| Tipo de Vehiculo | TPD | % TPD |
|---|---|---|
| Ligero | 94 | 88,68 |
| Buses | 2 | 1,75 |
| Camiones | 10 | 9,57 |
| TPDs | 106 | 100 |

Para el cálculo del Transito promedio diario semanal (TPDs) de la fórmula del cálculo del número de ejes equivalentes, se deben tener en cuenta los parámetros de tránsito generado y atraído, estos son el resultado del 20% y 10% respectivamente, con respecto al tránsito normal visualizado en los puntos de conteo, que en este caso son 106 vehículos. El tránsito atraído y generado aumentan el 30% de la componente vehicular por lo tanto el valor del TPD que se usó para el cálculo de NESE de 8,2Tn es de 137 vehículos promedio día.

El cálculo del número de ejes equivalentes NESE de 8,2 Tn, requirió la composición del tránsito en el sector objeto de estudio, se tuvo en cuenta los vehículos ligeros y los pesados mayores a 5Tn, clasificados como buses y camiones. Los camiones fueron clasificados como se observa en la imagen (17). Para distinguir cada componente vehicular del NESE de 8,2 Tn, se requieren de los siguientes factores:

- Factor Camión o daño FC (C3): 3,5 (AASHTO, en Colombia)
- Factor distribución direccional de tránsito DD: 1 (100% de la calzada)
- Factor Carril de diseño DC: 1 (INVIAS, carril por dirección)
- Factor composición vehículos comerciales VC: 11% Buses y camiones.
- TPDs: 137 vehículos diarios promedio.

-NESE: TPD * VC * FC * DD * DC * 365 días.

-NESE: 137 * 0,11 * 3,5 * 1 * 1 * 365 = *19252. Ejes de 8,2Tn anuales.*

-NESE (20 años): 19252 ejes * 20 años = *385040. Ejes de 8,2 Tn*

Se calcularon los ejes para 20 años, ya que esta es la vida útil que tendrá el pavimento en placa huella.

Se puede observar en la figura 32 que para una vía terciaria (Vt) o estrecha (E) el tránsito promedio semanal (TPDs) y la cantidad de ejes acumulados de 8.2t durante su vida útil cumplen con el tipo de vía de estudio para la construcción de un pavimento en placa-huella la cual es de categoría To.

**Figura 32.** *Tránsito para la selección de espesores*

| Categoría | Tipo de Vía | TPDs | Ejes acumulados de 8.2 t |
|---|---|---|---|
| $T_O$ | (Vt) – (E) | 0 a 200 | < 1´000.000 |
| T1 | (Vs) – (M ó A) – (CC) | 201 a 500 | 1´000.000 a 1´500.000 |
| T2 | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 501 a 1.000 | 1´500.000 a 5´000.000 |
| T3 | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 1.001 a 2.500 | 5´000.000 a 9´000.000 |
| T4 | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 2.501 a 5.000 | 9´000.000 a 17´000.000 |
| T5 | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 5.001 a 10.000 | 17´000.000 a 25´000.000 |
| T6 | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | Más de 10.001 | 25´000.000 a 100´000.000 |

**Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores**

Tomado de [36]

### *8.3.1 Análisis del Estudio de Tránsito*

El estudio de tránsito realizado en la vía localizada en la zona rural del municipio de Floridablanca ha determinado que en promedio transitan 106 vehículos diarios, entre los cuales se encuentran vehículos ligeros, buses y camiones, que con el transito atraído y generado, considerado el 30%, aumenta el valor a 137 vehículos diarios en promedio. Este valor genera un total de *19252 ejes de 8,2Tn* anuales y *385040 ejes de 8,2 Tn* durante 20 años, siendo este el periodo de vida útil del pavimento en placa-huella, según [11]

*Desarrollo objetivo específico 2*

**8.4 Estudio de suelos**

Los estudios de suelos permiten conocer las características físicas, químicas y mecánicas del terreno donde se piensa construir, esto es, la composición estratigráfica, es decir, las capas o estratos de diferentes características que componen el suelo y su profundidad. [37]

Es importante realizar un estudio de suelos previo a la construcción del pavimento sobre esta vía en afirmado, ya que se deben conocer las propiedades mecánicas del tipo o los tipos de suelo presentes en la vía para determinar si el suelo tiene la suficiente capacidad portante de resistir las cargas que le serán impuestas por las capas del pavimento y las cargas de los vehículos. También, si el tipo de suelo llega a ser insuficiente, determinar que tipo de mejoramiento se puede implementar para mejorar las propiedades mecánicas del mismo.

Para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio pertenecientes a la sección 100 de la norma INV E, en la cual se establecen las normas y especificaciones del INVIAS (2012) para el estudio de suelos:

- Humedad (INV E 122-13).
- Granulometría (INV E 123 -13)
- Limite Liquido (INV E 125-13)
- Limite Plástico (INV E)
- Proctor Modificado (INV E 142-13)
- % CBR (INV E 148-13)

Un estudio de suelo cumple las siguientes 2 etapas:

### *8.4.1 Trabajo de Campo*

En esta primera fase, se inspeccionó el lugar y se realizó una toma de muestras del suelo, para posteriormente ser llevadas y analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Santo Tomás.

Se ejecutaron 2 calicatas dentro de la calzada, con separaciones de 150 metros y profundidades mínimas de 1,50 metros, a partir del nivel de rasante de la vía, con extracción de muestras de suelo en cada estrato. Esto, con la intención de obtener material para analizar si existen diferentes tipos de suelos en la zona y llevar al laboratorio para realizar los ensayos del estudio de la subrasante.

En la figura 33 se puede observar el trabajo de campo realizado para llevar las muestras al laboratorio.

**Figura 33.** *a. Calicata. b. Profundidad mínima y c. Recolección de muestra*

a b c

### *8.4.2 Trabajo de laboratorio.*

Una vez que se contó con las muestras, estas fueron llevadas al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes y determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

*Ensayo de Humedad (INVE 122 – 13).*

Se lleva una muestra del material húmedo a un horno a 110 grados centígrados y se seca hasta alcanzar una masa constante. Se consideró que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca. El contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca. [38]

*Procedimiento*

Se determinó y registró la masa de dos recipientes limpios. Después, se tomó una muestra representativa de material de las zonas y se registró su masa. Finalmente, los recipientes con suelo húmedo fueron colocados dentro del horno a una temperatura de 110 grados centígrados, para ser secados durante unas 12 horas.

En la figura 34, se observa la muestra húmeda pesada para ser llevada al horno y someterse al secado.

**Figura 34.** *a. Muestra pesada y b. Muestra lista para secar en el Horno Humboldt encendido a 110 grados centígrados.*

a b

Cálculos:

w= Contenido de agua, %.

W1= Masa del recipiente con el espécimen húmedo.

W2= Masa del recipiente con el espécimen seco.

Wc= Masa del recipiente.

Ww= Masa del agua, g.

Ws= Masa de las partículas sólidas.

**Ecuación 1**. *Formula contenido de humedad del material*

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Tomado de : [38]

En la figura 35 se aprecia el cálculo del porcentaje de humedad que tenía cada muestra después de ser extraída y ser llevada al laboratorio.

**Figura 35.** *% Humedad de cada una de las*

| Zona # 1 | | Unidad |
|---|---|---|
| Peso recipiente (35) | 8,73 | g |
| Peso rec. + Suelo humedo | 50,71 | g |
| Peso rec. + Suelo seco | 45,65 | g |
| Humedad (%) | 13,71 | % |

| Zona # 2 | | Unidad |
|---|---|---|
| Peso recipiente (67) | 8,48 | g |
| Peso rec. + Suelo humedo | 59,88 | g |
| Peso rec. + Suelo seco | 53,23 | g |
| Humedad (%) | 14,86 | % |

*Granulometría (INVE 123-13)*

El análisis granulométrico se realizó mediante el tamizado de la muestra de suelo secado al horno lavada, con una masa que pesó 1000g antes del lavado para cada una de las muestras de las 2 zonas. Este análisis, nos permitió conocer el tipo de suelo que estaba presente en la vía, conocido como subrasante. Determinando el porcentaje de gravas, arenas y finos, los cuales pasan por una serie de tamices.

Para hacer un buen tamizado, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos: se usaron tamices ensamblados en forma de columna con un orden de diámetro descendente, como se observa en la siguiente imagen.

**Figura 36.** *Orden descendente de los tamices de malla cuadrada*

| | |
|---|---|
| 75 mm (3") | 2.00 mm (No. 10) |
| 50 mm (2") | 850 µm (No. 20) |
| 37.5 mm(1-½") | 425 µm (No. 40) |
| 25 mm (1") | 250 µm (No. 60) |
| 19.0 mm (¾") | 106 µm (No. 140) |
| 9.5 mm (3/8") | 75 µm (No. 200) |
| 4.75 mm (No. 4) | |

Tomado de [38]

- En el tamiz más grueso se dispuso la muestra, es decir, en el tamiz de 3’’.
- La columna de tamices se sometió a varios movimientos giratorios y vibratorios manualmente durante 5 minutos.
- Se retiraron los tamices y se tomó por separado el peso del material retenido en cada uno de ellos.

*Procedimiento*

Se taró un recipiente y se pesaron 1000g de cada una de las muestras. Esta cantidad fue escogida según el diámetro nominal de las partículas mayores de las muestras, el cual correspondió a 19mm. Por tanto, la porción mínima de muestra que corresponde es de 1000g según [39].

**Figura 37.** *Muestra de 1000g para lavado*

Luego, cada una de las muestras fue lavada para retirar las partículas finas de las partículas gruesas y limpiar el material. La lechada de agua fue pasada por el tamiz No. 200 en el cual se pasaban las partículas más finas como limos y arcillas. El procedimiento de lavado finalizó cuando el agua que pasaba a través del tamiz era totalmente limpia.

**Figura 38**. *Lavado de la muestra para Granulometría*

Cada una de las muestras lavada es almacenada en un recipiente, para ser puestas en el horno a una temperatura de 110 grados centígrados y efectuar su secado.

**Figura 39.** *Muestras lavadas listas para secado*

Se extrajeron las muestras del horno totalmente secas y se procedió con el tamizado. Los tamices fueron organizados en orden descendente. Luego de realizar la vibración manual y registrar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, los datos fueron organizados en figuras de excel. El número de tamiz, peso retenido, porcentaje retenido y porcentaje que pasa para cada tamiz. Finalmente, para saber las cantidades de cada tipo de partícula, en las *gravas* se tenía en cuenta la totalidad de la muestra menos el material que pasaba el tamiz No. 4, para los *finos* se tuvo en cuenta el material que pasó el tamiz No.200 y las *arenas* son la cantidad que queda después de la suma de gravas y finos para llegar al 100% de la muestra.

**Figura 40.** *Muestra seca*

**Figura 41**. *Tamices organizados de mayor a menor diámetro para vibración manual*

**Figura 42.** *Registro de pesos retenidos en cada tamiz*

*Cálculos*

El peso de la muestra total lavada se obtuvo entre la división de los 1000 gramos y la suma de 1 más la humedad obtenida en el ensayo INV E 122, para cada una de las muestras.

**Figura 43.** *Pesos muestras*

| ZONA 1 | |
|---|---|
| Peso recip. (g) | 273.40 |
| Peso Muestra + Suelo humedo (g) | 1000 |
| Peso Muestra total lavada (g) | 879,66 |

| ZONA 2 | |
|---|---|
| Peso recip. (g) | 276,93 |
| Peso Muestra + Suelo humedo (g) | 1000 |
| Muestra total lavada (g) | 870,63 |

Las figuras en excel fueron organizadas: el peso retenido en cada tamiz Wret (g), el % retenido y el % pasa y así saber el tipo de suelo presente en cada zona.

**Figura 44.** *Granulometría para cada muestra*

| ZONA 1 | | | |
|---|---|---|---|
| W muestra seca (g) | 1000,00 | | |
| TAMIZ | Wret (g) | % Retenido | % Pasa |
| 3'' | 0 | 0 | 100 |
| 2'' | 0 | 0 | 100 |
| 1 1/2'' | 160,5 | 16,05 | 83,95 |
| 1'' | 86,4 | 8,64 | 75,31 |
| 3/4'' | 7,1 | 0,71 | 74,60 |
| 3/8'' | 44,15 | 4,42 | 70,19 |
| No.4 | 46,7 | 4,67 | 65,52 |
| No. 10 | 46,9 | 4,69 | 60,83 |
| No. 20 | 37,6 | 3,76 | 57,07 |
| No.40 | 33 | 3,30 | 53,77 |
| No. 60 | 32,9 | 3,29 | 50,48 |
| No.140 | 73,78 | 7,38 | 43,10 |
| No. 200 | 32,27 | 3,23 | 39,87 |
| FONDO | 398,70 | 39,87 | 0,00 |
| TOTAL | 1000,00 | | |

| ZONA 2 | | | |
|---|---|---|---|
| W muestra seca (g) | 1000,00 | | |
| TAMIZ | Wret (g) | % Retenido | % Pasa |
| 3'' | 0 | 0 | 100 |
| 2'' | 0 | 0 | 100 |
| 1 1/2'' | 0 | 0 | 100 |
| 1'' | 0 | 0 | 100 |
| 3/4'' | 24,64 | 2,46 | 97,54 |
| 3/8'' | 80,45 | 8,05 | 89,49 |
| No.4 | 76,79 | 7,68 | 81,81 |
| No. 10 | 56,56 | 5,66 | 76,16 |
| No. 20 | 47,39 | 4,74 | 71,42 |
| No.40 | 53,02 | 5,30 | 66,12 |
| No. 60 | 58 | 5,80 | 60,32 |
| No.140 | 115,11 | 11,51 | 48,80 |
| No. 200 | 36,86 | 3,69 | 45,12 |
| FONDO | 451,18 | 45,12 | 0,00 |
| TOTAL | 1000,00 | | |

A continuación, se presenta la clasificación del suelo, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS).

**Figura 45.** *Clasificación SUCS*

| | | |
|---|---|---|
| Gravas | 34,49 | % |
| Arenas | 25,65 | % |
| Finos | 39,87 | % |

| CLASIFICACION SUCS ZONA 1 | | | |
|---|---|---|---|
| Pasa | Tamiz N. 200 | Finos < 50% | Suelo Grueso |
| Pasa | Tamiz N. 4 | Arenas > 50% | Arena |
| Pasa | Tamiz N. 200 | Finos > 12% | Arena limosa o arcillosa |

| | | |
|---|---|---|
| Gravas | 18,19 | % |
| Arenas | 36,69 | % |
| Finos | 45,12 | % |

| CLASIFICACION SUCS ZONA 2 | | | |
|---|---|---|---|
| Pasa | Tamiz N. 200 | Finos < 50% | Suelo Grueso |
| Pasa | Tamiz N. 4 | Arenas > 50% | Arena |
| Pasa | Tamiz N. 200 | Finos > 12% | Arena limosa o arcillosa |

Principalmente se observó si más del 50% de la muestra había pasado por el tamiz No. 200 para ver si era un suelo fino, sin embargo, en ambas zonas el porcentaje de finos fue < 50% y por esta razón estamos en presencia de un suelo grueso. Luego, se verificó en las tablas el porcentaje que había pasado por los tamices No.4 y resultó ser > 50%. Entonces, el tipo de suelo indicaba ser una *arena* para las dos muestras. Después, continuando con el proceso SUCS, este nos dice que si las partículas finas de la muestra son > 12% el suelo se clasifica como una arena con finos, la cual se divide en *arena limosa o arena arcillosa.* Finalmente, para definir cuál de los 2 tipos de suelo era, se determinó bajo los ensayos de *Limite liquido (LL) y Limite plástico (LP).*

*Clasificación por el método AASHTO:* de acuerdo con este sistema, el suelo es clasificado en siete grupos principales: A-1 al A-7. Los suelos clasificados bajo los grupos A-1 al A-2 son materiales granulares de los cuales el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz No.200. Por otro lado, para los suelos los cuales pasa más del 35% por el tamiz No. 200 se clasifican en los grupos del A-4 al A-7, estos suelos son limos y de tipo arcilloso.

**Figura 46.** *Clasificación del suelo mediante el método AASHTO para materiales granulares*

| SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Clasificación General | Suelos granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm) | | | | | | | Suelos finos (>35% Bajo 0,08 mm) | | | |
| Grupo | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Sub-grupo | A-1a | A-1b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6* | A-2-7* | | | | A-7-5** A-7-6** |
| 2 mm | ≤50 | | | | | | | | | | |
| 0,5 mm | ≤30 | ≤50 | ≥51 | | | | | | | | |
| 0,08 mm | ≤15 | ≤25 | ≤10 | ≤35 | | | | ≥36 | | | |
| WL | | | | ≤40 | ≥41 | ≤40 | ≥41 | ≤40 | ≥41 | ≤40 | ≥41 |
| IP | ≤6 | | NP | ≤10 | ≤10 | ≥11 | ≥11 | ≤10 | ≤10 | ≥11 | ≥11 |
| Descripción | Gravas y Arenas | | Arena fina | Gravas y arenas Limosas o Arcillosas | | | | Suelos Limosos | | Suelos Arcillosos | |

Tomado de [40]

Según la Granulometría, más del 35% del suelo pasó por el tamiz N200 (0,08mm), por lo tanto la clasificación general del sistema AASHTO indica que es un suelo fino y que puede pertenecer a los grupos del A4 a A7. El grupo exacto se elige según el *Limite liquido (LL)* y el *Índice de plasticidad (IP)*, estos datos se obtuvieron de la realización de los ensayos de Limites de Atterberg.

*Limite líquido (INVE 125-13)*

Se tamiza la muestra de suelo en el tamiz (No. 40) y el material que pasa es utilizado para desarrollar el ensayo. El *Límite liquido* se determina mediante tanteos, en los cuales una porción de muestra se esparce sobre una cazuela de bronce (Casa Grande), la cual se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que a través de la caída repetida estas dos partes se unan por los golpes de la cazuela contra una base normalizada. Se requieren 3 tanteos con diferentes contenidos de humedad, estos resultados se dibujan en un gráfico para establecer la relación a partir de la cual se determina el *Límite líquido.* [41]

**Figura 47**. *Casa Grande y Ranurador.*

*Procedimiento*

En primer lugar, se apisonó y tamizó la muestra de suelo que pasó por el tamiz (No. 40) sin ser lavada y se pesó una cantidad de 100g. Después, se humedeció la muestra en un recipiente y se mezcló con una espátula hasta llevarla a una consistencia en la que cerrara con cierto número de golpes en la cazuela Casa Grande. Posteriormente, se dispuso una cantidad adecuada de suelo en la cazuela con un espesor de 10mm.

**Figura 48**. *Apisonado de la muestra seca*

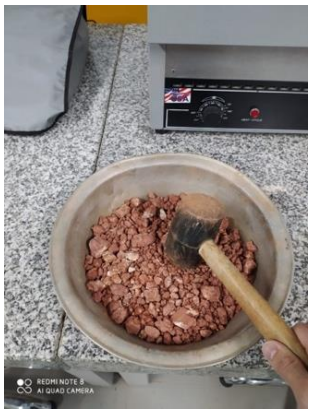


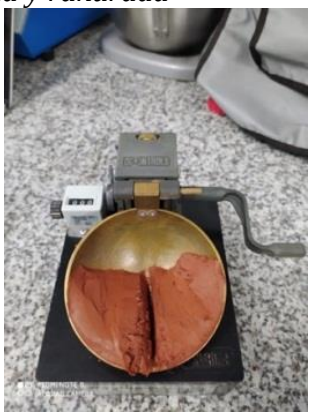
**Figura 49**. *Tamizado de la muestra por el No. 40*

**Figura 50.** *Medición de 100g de muestra para realizar el ensayo*

**Figura 51**. *Suelo humedecido y dispuesto sobre la cazuela*

Luego, el suelo se dividió con el ranurador desde la parte superior hasta la punta de la cazuela. Después, se precedió a encontrar los 3 puntos de la gráfica: el primero entre 25-35 golpes, el segundo entre 20-30 y el ultimo entre 15-25.

**Figura 52.** *Muestra de suelo húmeda y ranurada*



Después de encontrar los puntos en los diferentes rangos, se tomó una muestra cuando se notó que el suelo estaba unido a una longitud de 13 mm aproximadamente. Las muestras de los 3 puntos fueron llevadas al horno para secarse y medir el contenido de agua presente en cada una.

**Figura 53.** *Unión de los taludes formados por el ranurador a una longitud de 13mm*

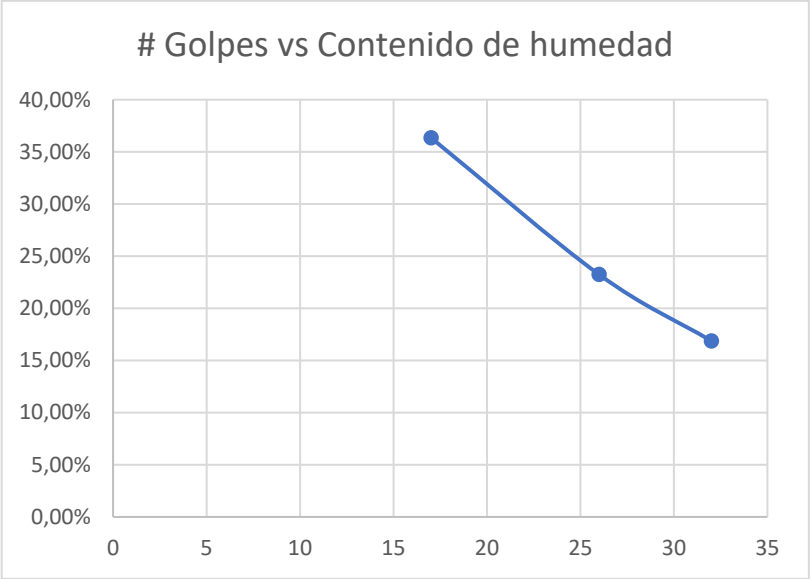
**Figura 54.** *Muestras secas después de estar 12h en el horno*

Finalmente, se calculó el contenido de agua de cada una de las muestras y se realizó una gráfica de Numero de golpes vs Porcentaje de humedad.

**Figura 55.** *Contenido de humedad para cada uno de los rangos de golpes*

| Limite Liquido | | | |
|---|---|---|---|
| Rango de Golpes | 25-35 | 20-30 | 15-25 |
| # Recipiente | 1 | 3 | 2 |
| Peso Recipiente | 10 | 10 | 10 |
| Peso Recipiente + suelo humedo | 16,55 | 17,5 | 18 |
| Peso Recipiente + Suelo Seco | 14,16 | 14,2 | 13,2 |
| # Golpes | 32 | 26 | 17 |
| | | | |
| Masa del agua | 2,39 | 3,30 | 4,8 |
| Contenido de Humedad (%) | 16,88% | 23,24% | 36,36% |

**Figura 56.** *Numero de golpes vs Contenido de humedad*




El Limite liquido (LL) de la muestra se determinó según la figura 56. Este corresponde al contenido de agua en la intersección de la curva de fluidez con la abscisa de 25 golpes y se redondea al numero mas cercano. [41]

**Figura 57**. *Contenido de Humedad a los 25 golpes*

| # Golpes | % Humedad |
|---|---|
| 25 | 25% |

El *Limite liquido* de la muestra del suelo es de *25%*.

*Limite plástico e Índice de plasticidad (INV E 126-13)*

El Limite plástico se determina presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, para formar rollos de 3,2 mm de diámetro, hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el cual se produce agrietamiento de los rollos. El limite plástico es

la humedad más baja con la cual se pueden formar rollos de suelo de este diámetro, sin que se agrieten o desmoronen. [42]

El Índice de plasticidad (IP) numéricamente, es la diferencia entre el Limite líquido (LL) y el Limite plástico (LP).

*Procedimiento*

Se tomó una porción de 20g del suelo utilizado en el ensayo del Límite líquido y se redujo el contenido de humedad de la porción de muestra enrollándolo en las manos sin que se pegue o mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio.

Se seleccionó una porción de 2g, con la cual se formaron rollos mediante el método manual, el cual consiste en hacer rodar la masa de suelo entre la palma y los dedos de la mano, formando un rollo de diámetro uniforme (3,2mm) en toda su longitud.

En este diámetro, se realizó el procedimiento de partir, juntar, amasar y enrollar de nuevo el suelo hasta el punto en que no pueda ser mas enrollado en cilindros de 3,2mm de diámetro.

Se recogieron las porciones de suelo desmoronado y se colocaron en un recipiente como se observa en la figura 54.

Posteriormente se seleccionaron mas porciones de 1,5g a 2g de espécimen del limite plástico y se repitió el procedimiento hasta que el recipiente tuviera al menos 6g de suelo.

Finalmente se calcularon los contenidos de agua de los suelos de los recipientes que se observan en la figura 54.

**Figura 58.** *Agrietamiento y rompimiento de los rollos de suelo*

**Figura 59.** *Humedades de los rollos en su límite plástico*

| Limite Plastico | Peso Recip. | Peso. Hum. | Peso. Seco |
|---|---|---|---|
| peso recipiente 1 | 10 | 12,4 | 10,8 |
| peso recipiente 2 | 10 | 16,3 | 14,32 |
| | | | |
| Masa del agua | 1,6 | 1,98 | |
| Contenido de Humedad (%) | 14,81% | 13,83% | |
| | | | |
| Promedio | 14% | | |

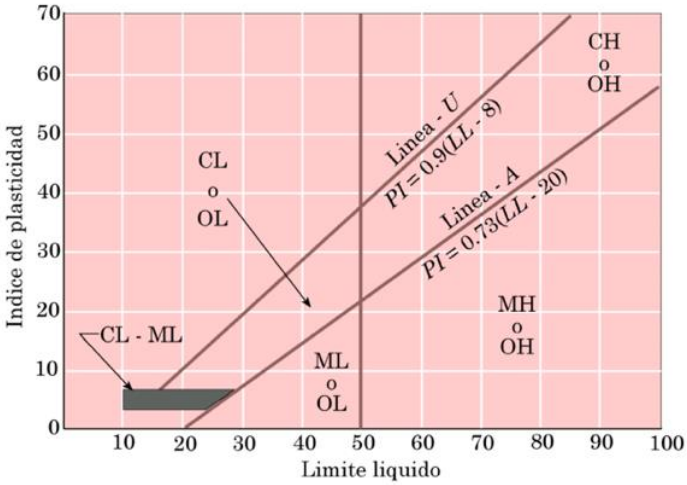
El Limite plástico es el promedio de las 2 humedades de los rollos como se puede ver en la figura 59. El valor obtenido se redondeó al entero mas cercano.

Según lo indicado en la norma INV E 126-13, el ensayo se deberá repetir, si la diferencia entre los limites plásticos de los dos tanteos supera el rango de aceptabilidad para los resultados de dos ensayos, efectuados por un solo operador; es decir 1,4. La diferencia entre los limites plásticos es 0,98 y por consiguiente no se supera el rango de aceptabilidad.

**Figura 60.** *Índice de plasticidad*

| | |
|---|---|
| LIMITE LIQUIDO | 25% |
| LIMITE PLASTICO | 14% |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 11% |

**Figura 61**. *Gráfico de plasticidad*




▼ **Figura 3.3** Grafica de plasticidad

Tomado de [43]

Finalmente, para terminar de clasificar el suelo se utilizaron los valores de Limite líquido (25%) y Índice de plasticidad (11%). Según el documento Clasificación de suelo en la (pág 8), nos dice que para diferenciar una *arena limosa (SM) de una arena arcillosa (SC),* los límites de Atterberg caen debajo de la línea A para (SM) y caen por encima de la línea A para (SC). Por lo tanto, se puede concluir que el suelo determinado como subrasante de la vía es una *arena arcillosa***,** ya que la relación entre Limite líquido e Índice de plasticidad caen por encima de la Línea -A.

Retomando la clasificación de suelos mediante el método AASHTO presentado en la figura 46, el grupo al que pertenece el suelo fino es el A6, ya que su LL es <= 40 y el IP es >=11. Este grupo y características corresponden a un *suelo arcilloso.*

*Clasificación del potencial de expansión del suelo de la subrasante:* se deben analizar los valores del LL y el IP y compararlos con la correlación presentada en la figura 62, en la que se indica el potencial expansivo en función de los límites de consistencia.

**Figura 62.** *Correlación limites de consistencia vs Potencial de expansión*

| LL (%) | IP (%) | Clasificación del hinchamiento potencial |
|---|---|---|
| > 60 | > 35 | Alto |
| 50 - 60 | 25 - 35 | Marginal |
| 50 < | < 25 | Bajo |

Tomado de [11]

Según lo indicado en la figura 61, el suelo de subrasante tiene una clasificación del potencial de hinchamiento Baja. Por esta razón al momento de la ejecución del proyecto no será necesario realizar excavaciones para remover el suelo presente en la zona y reemplazarlo con material seleccionado que cumpla con las exigencias establecidas en el artículo de Terraplenes de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

*Ensayo Proctor Modificado (INVE 142-13)*

La finalidad de este ensayo es determinar la cantidad optima de agua de un suelo que permite la mejor compactación para una energía dada. Este ensayo es necesario para saber la energía de compactación que se requiere para la subrasante o las capas que conforman la estructura del pavimento. Cabe resaltar, que está limitado a suelos que pasen 100% por el tamiz (No. 4) o que se retenga el 10% en dicho tamiz y que ese 10% pase por el tamiz (3/8). [44]

*Procedimiento*

Para la realización de este ensayo, se escogió una muestra representativa de 30kg del suelo determinado como subrasante de la vía. Teniendo en cuenta que hay varios métodos para realizar el ensayo, se escogió el Método D, el cual consiste en utilizar un molde de 6’’(152,4 mm) de

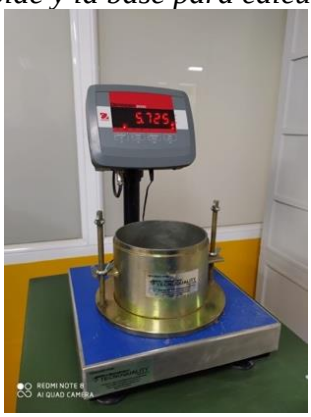
diámetro, el material debe pasar por el tamiz ¾’’, por lo menos un 70% de material, para poder aplicar el método.

Después, la muestra fue secada al aire libre y dividida en 4 especímenes de 6kg cada una. Para realizar la compactación en el molde, se proporcionaron humedades con variaciones máximas de 2% en cada espécimen. Posteriormente se realizó la compactación en 5 capas dentro del molde, a cada una de las capas se le aplicaron 56 golpes con un pisón de 4,5kg a una altura de 0.45m, con una energía específica de compactación de 2,67 J/cm3 según como lo indica el método D.

**Figura 63.** *Muestra utilizada para la compactación de cada espécimen*

**Figura 64.** *Molde de 6’’ y pisón de 4,5kg*

**Figura 65**. *Registro del peso del molde y la base para cálculos*




Finalmente se desmontó el collar del molde para cada espécimen y se enrasó, luego fue llevado a la balanza y se registró su peso. Para medir la humedad de cada molde, se tomó una porción de 100g de los especímenes.

**Figura 66.** *Peso molde enrasado con el espécimen*

Para determinar la Humedad optima (wo) y la Densidad seca máxima (Pd max) se elaboró una gráfica en Excel. La humedad optima corresponde al punto más alto de la curva, donde esta comienza a descender y la densidad seca depende del punto de humedad optimo.

**Figura 67**. *Compactación de los especímenes con 56 golpes por capa*

**Figura 68.** *Datos del molde de 6'' para cálculos de densidad específica*

| Datos Generales | | |
|---|---|---|
| Peso molde | 5,726 | kg |
| Diametro del molde | 15 | cm |
| Altura del molde | 10,5 | cm |
| Volumen del molde | 1854,56 | cm3 |

**Figura 69.** *Cálculos del Proctor modificado*

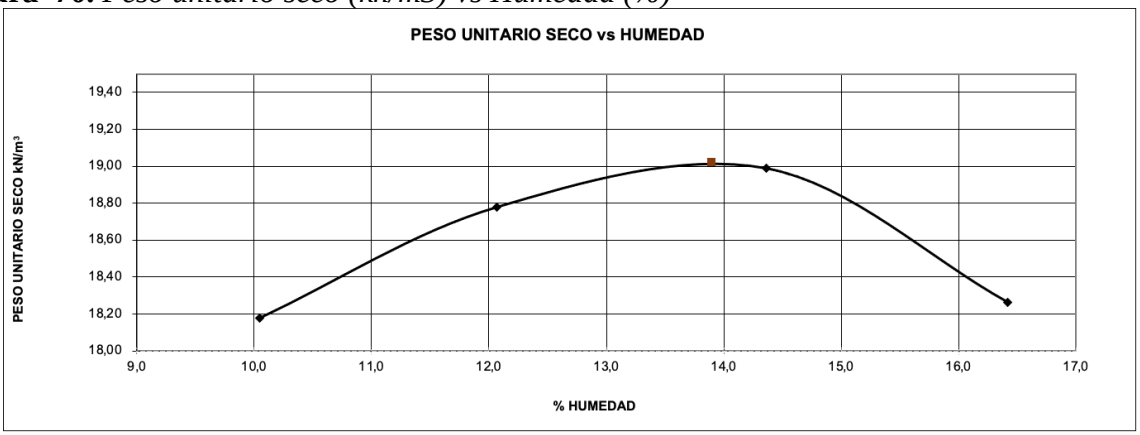
| Punto de Compactación # | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| No. de Golpes por Capa | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Masa Muestra Humeda (g) | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Masa Muestra Humeda + Molde (g) | 9510 | 9707 | 9834 | 9748 |
| Masa Molde (g) | 5726 | 5726 | 5726 | 5726 |
| Masa Muestra Humeda (g) | 3784 | 3981 | 4108 | 4022 |
| Volumen del Molde ($cm^3$) | 1855 | 1855 | 1855 | 1855 |
| Densidad Húmeda, ($kg/m^3$) | 2039,9 | 2146,1 | 2214,6 | 2168,2 |
| Masa Platon + Muestra Humeda (g) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Masa Platon + Muestra Seca (g) | 91,8 | 90,1 | 88,5 | 87,0 |
| Masa del Platon (g) | 10,2 | 7,6 | 8,5 | 7,8 |
| Humedad, % | 10,05 | 12,07 | 14,36 | 16,41 |
| Humedad Inicial-Final Promedio, % | | | | |
| Densidad Seca ($kg/m^3$) | 1853,6 | 1915,0 | 1936,5 | 1862,5 |
| Peso Unitario Seco ($kN/m^3$) | 18,18 | 18,78 | 18,99 | 18,26 |
| Peso Unitario Seco ($lb/ft^3$) | 115,72 | 119,55 | 120,89 | 116,27 |

Tomado de [45]

En la figura 69 se observan los datos de los 4 moldes compactados a 5 capas, cada uno con 56 golpes y con humedades diferentes con un aumento del 2% para cada molde. Las casillas subrayadas son los datos que se obtienen del Proctor modificado para realizar la gráfica de Peso

unitario seco vs Humedad y encontrar los valores óptimos de compactación del suelo, siendo estos los puntos más altos de la curva.

**Figura 70.** *Peso unitario seco (kn/m3) vs Humedad (%)*




Tomado de [45]

En la figura 71 se observan los datos obtenidos de la figura 70, del *peso unitario seco máximo, densidad seca máxima y la humedad óptima.* Con estos valores se puede obtener una energía optima de compactación en el suelo designado como subrasante.

**Figura 71.** *Peso unitario seco máximo, Densidad seca máxima y Humedad óptima*

| DENSIDAD MÁXIMA SECA | |
|---|---|
| 1940 | kg/m³ |

| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO | | | |
|---|---|---|---|
| 19,02 | kN/m³ | 121,1 | lbf/pie³ |

| HUMEDAD OPTIMA (%) |
|---|
| 13,9 |

Tomado de [45]

La humedad optima de compactación es del 13,9% y se aproximó al *14%* para trabajar el ensayo de CBR.

*% Expansión en CBR (INVE 148-13)*

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes y sumergirlos en agua. Después, aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado. [46]

El ensayo consistió en determinar la carga que hay aplicarle al pistón de área 19,35 cm2 para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min hasta obtener una penetración de 2,54mm. Posteriormente se realizó una gráfica de esfuerzo (Mpa) vs penetración (mm). [46]

**Figura 72.** *Materiales utilizados para el ensayo CBR*

*Procedimiento*

Previo a la realización de este ensayo se deben conocer los valores de densidad seca máxima y humedad optima, obtenidos del ensayo Proctor modificado.

Seguido a esto, se procedió a secar 20 kg de material al aire libre por un periodo de 5 días, hasta lograr una masa constante y que el material fuera desmenuzable.

**Figura 73.** *Material apisonado*

Luego de haber apisonado el material, este se pasó por el tamiz de 19 mm (No. 4). El material que es retenido debe ser reemplazado por una masa de material que pase el tamiz.

**Figura 74.** *Tamizado del material por el tamiz No. 4*

Para el ensayo se deben compactar 3 moldes y cada uno de estos debía contener una cantidad mínima de 6kg de material tamizado.

**Figura 75.** *Material pesado y listo para agregar la humedad óptima*

A la cantidad de material para realizar la compactación de los moldes se les agregó la humedad óptima, obtenida en el ensayo Proctor Modificado, la cual fue del 14%.

**Figura 76.** *Material con humedad del 14.%*

Se procedió a curar la mezcla, en un recipiente hasta obtener una distribución uniforme de humedad. El tiempo de curado de material fue de 30 minutos ya que el suelo posee una plasticidad media-baja.

Se registraron las medidas y pesos de los moldes que se observan en la figura 72, junto con las bases perforadas que se utilizaron para la compactación.

Se procedió a compactar cada uno de los moldes con 5 capas respectivamente, ya que la densidad seca fue obtenida del ensayo Proctor modificado. El primer molde fue compactado para cada capa con 56 golpes, el segundo molde con 25 golpes por capa y el tercero con 10 golpes por capa.

Según lo descrito en [47]. Se explica el procedimiento para determinar la relación de soporte únicamente con el contenido optimo de agua mediante dos formas. Cuando se desea obtener un CBR al 100% de compactación o cuando se desea obtener un porcentaje de CBR con el contenido optimo de humedad y a un determinado porcentaje del peso unitario seco máximo. Como se quería calcular el CBR al 95% y al 100% se utilizó la segunda forma. [48] Nos dice que, se deben preparar tres especímenes con el contenido optimo de agua y aplicar un numero diferente de golpes por capa para cada molde. Si se desea obtener un CBR de un suelo al 95% de compactación, resulta satisfactorio compactar especímenes con 56, 25 y 10 golpes por capa y realizar la penetración sobre todos ellos.

.

**Figura 77.** *Compactación de los moldes*

Luego de realizar la compactación, se retiró el collar de extensión y se enrasó el suelo compactado. Como las muestras fueron sometidas a inmersión, se calculó el porcentaje de humedad del material obtenido del enrasado.

**Figura 78**. *Enrasado de moldes*

Se pesaron los moldes con el suelo compactado invertido y sin el disco espaciador. Luego de ello se calculó, la densidad húmeda de la muestra antes de la inmersión.

**Figura 79.** *Masa del molde invertido compactado sin disco espaciador*.

Se ubicó sobre la muestra invertida, el vástago con las cargas necesarias para completar una sobrecarga tal que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de

material que estarán sobre del suelo que se ensaya. En ningún caso la sobrecarga total debe ser menor de 4,54 kg.

**Figura 80.** *Molde con el vástago y las cargas*

Después, se dispusieron los diales para medir la expansión y el hinchamiento. Se dejó la medida del dial en 1 y no en 0, cuando se midió la expansión diaria se restó una unidad a la medida de cada molde para obtener los datos de expansión e hinchamiento

.

**Figura 81.** *Diales para medir la expansión*

Posteriormente se procedió al llenado de la pila y la inmersión de los moldes durante los siguientes cuatro días. Cada día fue necesario tomar las medidas de expansión, al cuarto día se tomó el porcentaje total de expansión, con la diferencia entre la expansión inicial y la final.

**Figura 82**. *Inmersión de los moldes por 96 horas*

Después de la inmersión, se dejaron escurrir los moldes sin las cargas durante 15 minutos como se observa en la figura 83.

**Figura 83.** *Moldes escurriendo*

Se registró el peso del suelo más el molde de cada uno de los especímenes antes de la penetración.

Para el ensayo de punzonamiento se colocaron nuevamente las pesas de sobrecarga sobre la muestra y se llevó al dispositivo de carga para colocar el pistón de penetración.

**Figura 84.** *Ensayo de penetración.*

Después de aplicar la carga, con una velocidad de penetración uniforme de 0,05 (1,27 mm/min). Se anotan las lecturas de carga para las siguientes penetraciones: 0.64, 1.27, 1.91, 2.54, 3.18, 3.81, 4.45, 5.71, 7.62, 8.9, 9.52 milímetros de penetración.

Finalmente, se desmontó el molde y se tomó de la parte superior e inferior una muestra de 100g cada una, para determinar su humedad.

**Figura 85**. *Datos de la compactación de los moldes y % de Expansión.*

**C.B.R. DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA**
**INV - E - 148 - 2013**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Orden de Trabajo No: | 1 | Nombre del Cliente: | Proyecto de Investigación |
| Muestra No: | 1 | Código de Obra: | No aplica |
| Tipo de Material: | Suelo | Nombre de la Obra: | Propuesta vial en placa-huella para el barrio Buenos Aires |
| Procedencia: | Via Barrio Buenos Aires | Fecha de Recibo: | 2022-07-05 |
| Localización: | Barrio Buenos Aires | Fecha de Ensayo: | 2022-07-10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Método usado para la Compactación: | C | Sobrecarga en la inmersión: 4,5 kg. Tiempo de inmersión en agua: | 96 |

| Prueba | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| No. de Golpes por Capa | **56** | **25** | **10** |
| Masa Muestra Humeda + Molde (g) | 11740 | 11340 | 11061 |
| Masa Molde (g) | 7005 | 7062 | 6965 |
| Masa Muestra Humeda (g) | 4735 | 4278 | 4096 |
| Volumen Muestra ($cm^3$) | 2122 | 2122 | 2122 |
| Humedad % | **14,03** | **14,03** | **14,03** |
| Densidad Seca ($kg/m^3$) | **1957** | **1768** | **1693** |
| Lectura Expansión Inicial (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lectura Expansión Día 1 (mm) | 4,14 | 4,27 | 4,52 |
| Lectura Expansión Día 2 (mm) | 4,34 | 4,55 | 4,75 |
| Lectura Expansión Día 3 (mm) | 4,72 | 4,85 | 5,05 |
| Lectura Expansión Día 4 (mm) | 4,80 | 5,07 | 5,28 |
| Expansión Total (%) | **7,58** | **8,01** | **8,34** |

Tomado de [45]

En la figura 85 se presentaron los datos de los 3 moldes compactados a 56, 25 y 10 golpes respectivamente, todos llevados a una humedad optima del 14%, la cual fue comprobada antes de la inmersión de los especímenes. Se midió la masa de la muestra húmeda más el molde, la masa del molde, la masa húmeda y el volumen de la muestra. Se obtuvieron las densidades húmedas (kg/m3) y seca (kg/m3).

Por otro lado, se perciben las lecturas de expansión durante los 4 días de inmersión en cada uno de los moldes, de esta manera se generó el porcentaje de expansión total que tuvieron los especímenes debido a la saturación con agua durante las 96 horas de inmersión.

**Figura 86.** *Datos de penetración (mm) y carga (lb) del ensayo de punzonamiento*

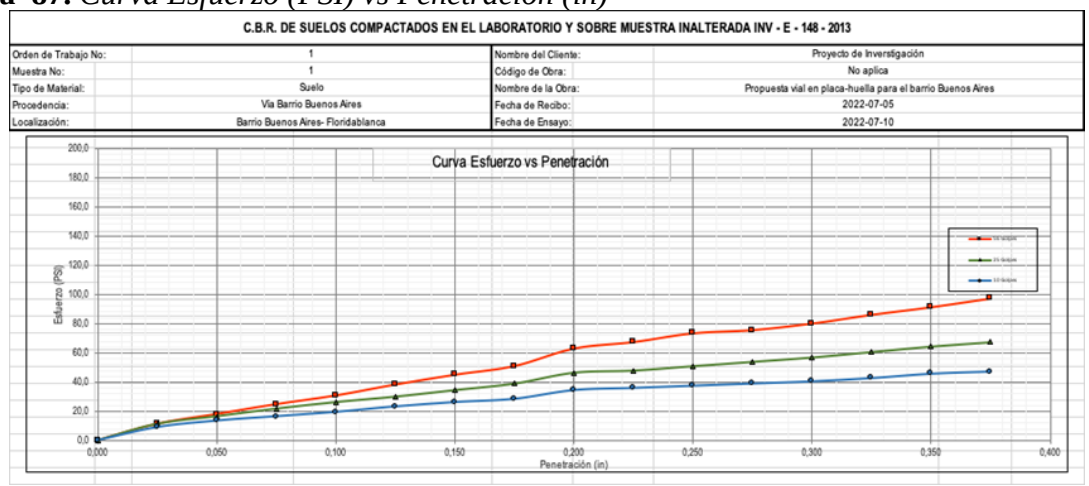
| PENETRACION | | Carga | Esfuerzo | Carga | Esfuerzo | Carga | Esfuerzo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (in) | (mm) | lb | psi | lb | psi | lb | psi |
| 0,000 | 0,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 0,025 | 0,635 | 33,7 | 11,2 | 33,7 | 11,2 | 27,0 | 9,0 |
| 0,050 | 1,270 | 54,0 | 18,0 | 49,5 | 16,5 | 40,5 | 13,5 |
| 0,075 | 1,905 | 74,2 | 24,7 | 65,2 | 21,7 | 49,5 | 16,5 |
| 0,100 | 2,540 | 92,2 | 30,7 | 78,7 | 26,2 | 58,5 | 19,5 |
| 0,125 | 3,175 | 114,7 | 38,2 | 89,9 | 30,0 | 69,7 | 23,2 |
| 0,150 | 3,810 | 134,9 | 45,0 | 103,4 | 34,5 | 78,7 | 26,2 |
| 0,175 | 4,445 | 152,9 | 51,0 | 116,9 | 39,0 | 85,4 | 28,5 |
| 0,200 | 5,080 | 188,8 | 62,9 | 139,4 | 46,5 | 103,4 | 34,5 |
| 0,225 | 5,715 | 202,3 | 67,4 | 143,9 | 48,0 | 107,9 | 36,0 |
| 0,250 | 6,350 | 220,3 | 73,4 | 152,9 | 51,0 | 112,4 | 37,5 |
| 0,275 | 6,985 | 227,1 | 75,7 | 161,9 | 54,0 | 116,9 | 39,0 |
| 0,300 | 7,620 | 240,5 | 80,2 | 170,9 | 57,0 | 121,4 | 40,5 |
| 0,325 | 8,255 | 258,5 | 86,2 | 182,1 | 60,7 | 128,1 | 42,7 |
| 0,350 | 8,890 | 274,3 | 91,4 | 193,3 | 64,4 | 137,1 | 45,7 |
| 0,375 | 9,525 | 292,3 | 97,4 | 202,3 | 67,4 | 141,6 | 47,2 |
| HUMEDAD PENETRACION | | 18,62 % | | 20,00 % | | 24,04 % | |
| C. B. R. CORREG. a 0.1" | | 3,07 | | 2,62 | | 1,95 | |
| C. B. R. CORREG. a 0.2" | | 4,20 | | 3,10 | | 2,30 | |

Tomado de [45]

Finalmente se programó el equipo a una velocidad de penetración de 1,27 min/mm y se leyeron las cargas ejercidas por el pistón según las deformaciones presentadas en el suelo del molde, estas se registraron en la figura 86. También, se calculó la humedad de los moldes después

de la inmersión y los CBR corregido a una penetración de 2,54mm (0,1”) y a una de 5,08mm (0,2”), los cuales fueron *3,07% y 4,20%* respectivamente.

**Figura 87.** *Curva Esfuerzo (PSI) vs Penetración (in)*



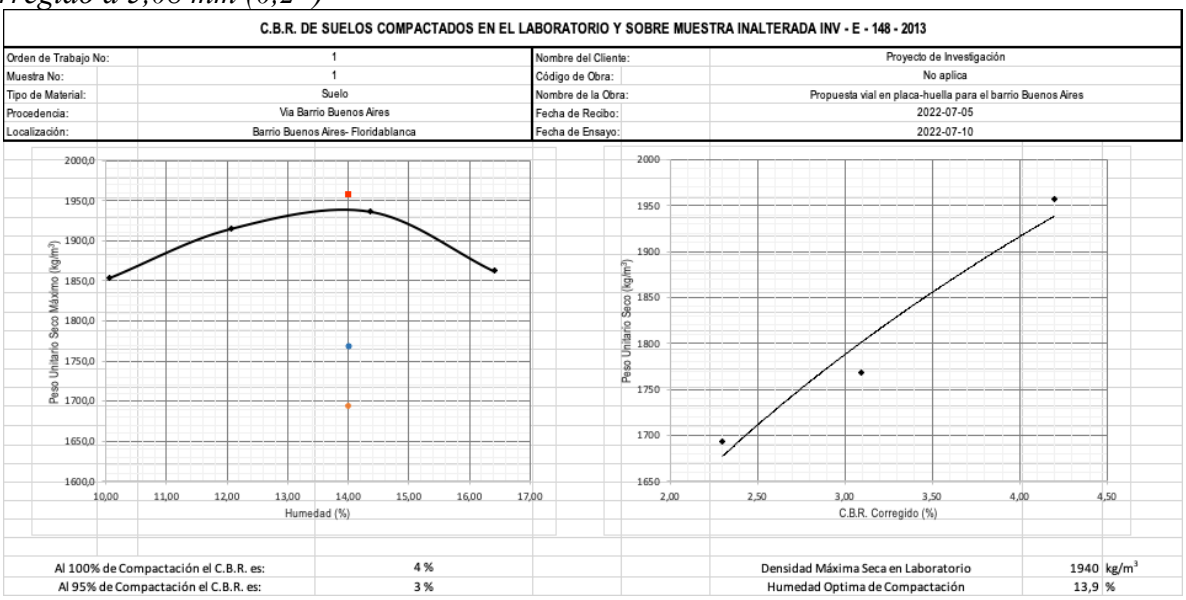
C.B.R. DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA INV - E - 148 - 2013

| | | | |
|---|---|---|---|
| Orden de Trabajo No: | 1 | Nombre del Cliente: | Proyecto de Investigación |
| Muestra No: | 1 | Código de Obra: | No aplica |
| Tipo de Material: | Suelo | Nombre de la Obra: | Propuesta vial en placa-huella para el barrio Buenos Aires |
| Procedencia: | Via Barrio Buenos Aires | Fecha de Recibo: | 2022-07-05 |
| Localización: | Barrio Buenos Aires- Floridablanca | Fecha de Ensayo: | 2022-07-10 |



Tomado de [45]

**Figura 88**. *Curva Humedad (%) vs Peso Unitario Seco Máximo (kg/m3) y Curva de CBR corregido a 5,08 mm (0,2”)*



C.B.R. DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA INV - E - 148 - 2013

| | | | |
|---|---|---|---|
| Orden de Trabajo No: | 1 | Nombre del Cliente: | Proyecto de Investigación |
| Muestra No: | 1 | Código de Obra: | No aplica |
| Tipo de Material: | Suelo | Nombre de la Obra: | Propuesta vial en placa-huella para el barrio Buenos Aires |
| Procedencia: | Via Barrio Buenos Aires | Fecha de Recibo: | 2022-07-05 |
| Localización: | Barrio Buenos Aires- Floridablanca | Fecha de Ensayo: | 2022-07-10 |



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Al 100% de Compactación el C.B.R. es: | 4 % | Densidad Máxima Seca en Laboratorio | 1940 | kg/m³ |
| Al 95% de Compactación el C.B.R. es: | 3 % | Humedad Optima de Compactación | 13,9 | % |

Tomado de [45]

En la figura 88 se aprecian los valores de humedad a los que fueron llevadas las muestras de cada uno de los moldes, esta fue del 14% ya que es la humedad optima de compactación de este tipo de suelo. Además, se observan las densidades de cada uno de los moldes según el número de golpes: para el de 10 golpes por capa le correspondió un peso unitario de 1693 (kg/m3), para el de 25 golpes fue de 1768 (kg/m3) y finalmente al de 56 golpes por capa obtuvo un valor de 1957 (kg/m3).

La curva de color negro presente en la figura 88 son los puntos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado, donde los moldes fueron sometidos a diferentes humedades con su respectiva densidad. La experiencia en este tipo de ensayos del laboratorista de suelos de la universidad Santo Tomás Jorge Daniel Flórez, indicó que para que el ensayo de CBR esté bien ejecutado, el punto de la gráfica del espécimen con 56 golpes por capa, siempre debe estar por encima de la curva de Humedad (%) vs Peso unitario seco (KN/m3), como se evidencia en la figura 88.

Se concluye que el CBR a un 100% de compactación es del *4,20%* y al 95% de compactación es del *3,07%*.

### *8.4.3 Análisis del Estudio de Suelos*

**Figura 89.** *Comportamiento de la subrasante según CBR*

| CATEGORÍA | CBR (%) | COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE |
|---|---|---|
| S1 | CBR $\leq$ 3 | Malo |
| S2 | 3 $<$ CBR $\leq$ 5 | Regular |
| S3 | 5 $<$ CBR $\leq$ 10 | Bueno |
| S4 | CBR $>$ 10 | Muy Bueno |

Adaptado de [49]

La figura 89 indica que el suelo de subrasante de la vía objeto de estudio, es de categoría S2 y el comportamiento de la subrasante es *regular*. El análisis de las muestras tomadas en campo en la vía en la que se pretende construir el pavimento en placa-huella, nos dice que el suelo de subrasante no tiene las mejores propiedades mecánicas para soportar las cargas transmitidas uniformemente por los vehículos y las capas del pavimento.

Por esta razón, se planteó un tratamiento de mejora a la subrasante para perfeccionar las propiedades mecánicas del suelo de estudio.

### *8.4.4 Tratamiento de mejora de la subrasante*

En ocasiones la subrasante no tiene las propiedades mecánicas para soportar las cargas del tráfico que transitará en la vía, por esto, es necesario realizar un mejoramiento a la subrasante. Con la realización de los ensayos de Limites de Atterberg y CBR se determinó que a esta subrasante se debe aplicar el método de estabilización con *cal viva.* Este tipo de material de estabilización es utilizado en suelos de alta plasticidad y CBR bajo, mejora las características del suelo aumentando la capacidad de resistir los efectos del tránsito y disminuye los cambios volumétricos. Además, es un tratamiento de mejora económico en comparación al de cemento o escombro. Se determinó que el suelo contiene una plasticidad media ya que en el ensayo de Limite de plasticidad se podía formar un cordón con el suelo húmedo, que, al romperse y volver a su estado anterior, no se puede formar nuevamente. Además, en el ensayo de CBR nos arrojó un CBR con 95% de compactación del *3,07%* y un CBR con 100% de compactación del *4,20 %* los cuales son valores bajos.

El documento técnico [50] nos dice que para la estabilización con cal el suelo debe cumplir los requisitos que se indican en la figura 90, la cual establece los requisitos de suelos de subrasante y terraplén para la estabilización con cal.

**Figura 90**. *Requisitos de suelos de subrasante y terraplén para estabilizar con cal*

| Requisitos de suelos de subrasante y terraplen para estabilización con cal. | | |
|---|---|---|
| Característica | Norma de ensayo | Requisito |
| Composición (F) | | |
| Material que pasa el tamiz #4 (%) | INV E -213 | **65,52% y 81,81%** |
| Material que pasa el tamiz #10 (%) | | **60,83% y 76,16%** |
| Material que pasa el tamiz #40 (%) | | **53,77% y 66,12%** |
| Material que pasa el tamiz #200, mínimo (25%) | | **39,87% y 45,12%** |
| Característica | Norma de ensayo | Requisito |
| Limpieza (F) | | |
| Limite Líquido (%) | INV E -125 | **25%** |
| Indice de Plasticidad, mínimo (10%) | INV E -125 Y 126 | **11%** |
| Contenido de materia orgánica, máximo (2%) | INV E -121 | **2%** |
| Características químicas (O) | | |
| Proporción de sulfatos, expresada como SO4; máximo (0,9%) | INV E -233 | **0,90%** |

Adaptado de [50]

La cal que va a ser utilizada debe cumplir los requisitos expuestos en la figura 91, la cual es la imagen obtenida de la tabla 236 – 2 del documento técnico.

**Figura 91.** *Características de la cal para estabilización de subrasante.*

| Propiedades | Parámetro | Norma de ensayo | Requisito cal hidratada | Requisito cal viva 90 (Nota 2) | Requisito cal viva 85 (Nota 2) |
|---|---|---|---|---|---|
| Químicas | Óxido total (CaO + MgO), sobre base no volátil, mínimo (%) | NTC 5059:2002/ ASTM C25 | - | 90 | 85 |
| | Hidróxido de Calcio ($Ca(OH)_2$), mínimo (%) | NTC 5059:2002/ ASTM C25 | 80 | - | - |
| | Dióxido de carbono sobre base no volátil, tomado en la planta de fabricación, máximo (%) | NTC 5059:2002/ ASTM C25/ UNE-EN 459-2 | 4 | 4 | 7 |

| Propiedades | Parámetro | Norma de ensayo | Requisito cal hidratada | Requisito cal viva 90 (Nota 2) | Requisito cal viva 85 (Nota 2) |
|---|---|---|---|---|---|
| Físicas | Contenido de agua libre en punto de fabricación, máximo (%) | NTC 5233:2003/ ASTM C110 | 2 | - | - |
| | Reactividad (velocidad de apagado), mínimo (minutos) | NTC 5233:2003/ ASTM C110 | - | 40 °C en 6 minutos | 40 °C en 6 minutos |
| | Tamaño de la partícula (Nota 1) | NTC 5233:2003/ ASTM C110 | Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 2 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 7 % máximo | Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo | Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo |

Tomado de [50]

El agua que se utilice para los procesos de estabilización con cal y curado de la mezcla deber ser limpia, libre de materia orgánica y debe cumplir los requisitos expuestos en la figura 92, la cual es una imagen obtenida de la tabla 236-3 del documento técnico.

**Figura 92**. *Requisitos del agua no potable para estabilización con cal*

| Característica | Norma de ensayo ASTM | Requisito |
|---|---|---|
| pH, mínimo | D1293 | 5,5 |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (kg/m³) | D516 | 1,0 |

Tomado de [50]

La aplicación de la cal puede ser en bolsas o granel, esta se debe esparcir sobre el suelo disgregado, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar.

Se debe hacer una mezcla de cal, suelo y agua adecuadas para obtener una combinación friable y homogénea. Sobre la cal esparcida solo se debe permitir el tránsito del equipo que la va a mezclar con el suelo y solo se debe extender en la superficie que pueda terminarse en la jornada de trabajo.

Es importante resaltar que se deben adoptar medidas de prevención para la protección colectiva e individual, que reduzcan los riesgos para el contacto con la piel y los ojos por inhalación de aerosoles que se dispersan en el aire. [50]

A continuación se puede observar en las figuras 93 y 94 el procedimiento que se realiza durante el mejoramiento de la subrasante con cal viva.

**Figura 93**. *Mejoramiento de subrasante con cal*

Tomado de [51]

**Figura 94.** *Mejoramiento de subrasante con cal*

Tomado de [51]

### *8.4.5 Subbase Granular*

Según el documento [52] se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A,B y C). Así mismo, se debe determinar el tipo de granulometría que se va usar.

Si los documentos del proyecto no indican utilizar una clase de subbase en específico, la subbase granular se debe usar como se indica en la figura 95, en función del nivel del tránsito del proyecto.

**Figura 95.** *Uso típico de las diferentes clases de subbase granular*

| Clase de subbase granular | Nivel de tránsito |
|---|---|
| Clase A | NT3 |
| Clase B | NT2 |
| Clase C | NT1 |

Tomado de [52]

El agua es un elemento fundamental para humedecer los agregados de la subbase y proceder a la compactación, por lo tanto esta debe ser potable y no estar contaminada.

Por otra parte, los agregados que serán utilizados para la construcción de la subbase granular solo provendrán de canteras autorizadas y será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica. Las partículas de los agregados deben ser duras, resistentes y durables sin materia orgánica.

Así mismo, los agregados para la construcción de la subbase deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la figura 96, la cual es una imagen de [53]

**Figura 96.** *Requisitos de los agregados para subbase granular.*

| Característica | Norma de ensayo INV | Subbase granular | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clase A | Clase B | Clase C |
| **Dureza (O)** | | | | |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%):<br>- 500 revoluciones | E-218 | 50 | 50 | 50 |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%). | E-238 | 30 | 35 | - |
| **Durabilidad (O)** | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota):<br>- Sulfato de sodio<br>- Sulfato de magnesio | E-220 | 12<br>18 | 12<br>18 | 12<br>18 |
| **Limpieza (F)** | | | | |
| Límite líquido, máximo (%). | E-125 | 25 | 25 | 25 |
| Índice de Plasticidad, máximo (%). | E-125 y E-126 | 6 | 6 | 6 |
| Equivalente de arena, mínimo (%). | E-133 | 25 | 25 | 25 |
| Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%). | E-211 | 2 | 2 | 2 |
| **Resistencia del material (F)** | | | | |
| CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo. | E-148 | 40 | 30 | 30 |

Tomado de [53]

*Análisis del objetivo específico 2.*

Al terminar los siguientes ensayos se pudieron definir el tipo de suelo y las propiedades mecánicas de la subrasante de la vía. Así, conocer si el suelo tenía la suficiente capacidad portante para la resistencia de cargas que serán impuestas por las capas del pavimento y los vehículos que transitarán sobre la vía. Además, se determinó que es necesario un mejoramiento a la subrasante para aumentar su resistencia. De esta manera, se da por cumplido el objetivo 2.

*Desarrollo objetivo específico 3*

**8.5 Diseño Geométrico de la vía**

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto se debe elaborar el diseño geométrico de la vía a pavimentar. El diseño no debe cambiar la geometría de la vía existente. Las modificaciones se harán con ajustes a la rasante para obtener un perfil más uniforme y ampliaciones a la banca en las curvas horizontales y tramos en tangente que requieran sobre ancho. [2]

*Recomendaciones para el diseño geométrico:* las siguientes recomendaciones están basadas en [11].

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía existente.
- Elaborar el diseño en planta del eje de la vía.
- Localizar sobre la vía el eje en planta proyectado.
- Nivelar el eje y dos líneas paralelas espaciadas dos metros con cincuenta centímetros (2,5m) a cada lado del eje.
- Elaborar el diseño en perfil del eje de la vía.
- Dibujar los planos planta-perfil.

- Dibujar la modulación de placa-huella en cada uno de los elementos que integran la planta de la vía.
- Elaborar la cartera de coordenadas de la línea de base.
- Cartera de localización.
- Cartera de rasante.

*Información para secciones transversales.*

*Peralte*: tomando en apreciación que los vehículos que transitan por las vías pavimentadas con placa-huella lo hacen a una velocidad baja y que las entre tangencias de una curva a otra usualmente horizontales a pesar del valor de su radio, se ha adoptado para todo un peralte del (2%). La transición del bombeo (-2%) en la tangente al peralte en curva (2%) se realiza en las curvas que no requieren sobre ancho, la transición del peralte se debe hacer en una longitud entre los tres (3m) y los seis (6m) metros antes del PC y entre tres (3m) y seis (6m) metros después del PT, según el espacio disponible.

Por otro lado, en las curvas con sobre ancho la transición del peralte se debe hacer en la longitud del sobre ancho indicada en la tabla, la cual varía entre los 3, 6 y 9 metros.

*Sobre ancho:* el ancho adicional que requiere la calzada se aplica de PC a PT y en tramos rectos cada 250m. Fluctúa entre (0.45m) y (1,80m). En las curvas horizontales con deflexión baja y radio grande, el ancho de las placas-huella varía entre 0,90m, 1,35m y 1,80m. Este ancho adicional necesario para la placa-huella se construye, disminuyendo el ancho de la piedra pegada y adicionándolo a las losas de placa-huella adyacente o también aumentando la sección transversal en la longitud de la curva, los valores oscilan entre 0,45m a 1,80 en el ancho total de la calzada.

Respecto a lo anterior, se puede manifestar que se aprovecha todo el ancho máximo de la placa-huella, por lo que resulta una sola junta longitudinal de construcción.

Es preciso señalar que, para evitar el problema de fisuras en las placas-huella anteriores y posteriores a la sección donde se realizó el cambio de ancho de las placas-huella, es importante hacer una junta transversal de construcción.

En la figura 97 se pueden apreciar los tipo de curva según [11] y como se diferencian, según su deflexión y radio.

**Figura 97.** *Curvas tipo en función de la deflexión y el radio de la curva*

| Curva tipo | Figura No. | Radio (m) | Deflexión Δ, en grados | Berma-cuneta exterior (m) | Piedra pegada exterior (m) | Placa-huella exterior (m) | Piedra pegada central (m) | Placa-huella interior 1 (m) | Placa-huella interior 2 (m) | Piedra pegada interior (m) | Berma-cuneta interior (m) | Ancho total calzada (m) | Longitud transición total (m) | Longitud transición sobreancho (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.3 | > 150 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.00 | 0.45 | 0.70 | 5.00 | 0 | 0 |
| 2 | 1.4 | 80<R<=150 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.35 | 0.45 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.00 | 6 | 0 |
| 3 | 1.5 | 60<R<=80 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.35 | 0.45 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.00 | 9 | 0 |
| 4 | 1.6 | 40<R<=60 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.35 | 0.45 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.00 | 12 | 0 |
| 5 | 1.7 | 30<R<=40 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.45 | 12 | 3 |
| 6 | 1.8 | 25<R<=30 | Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.45 | 15 | 3 |
| 7 | 1.9 | 20<R<=25 | Δ <= 45 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.45 | 15 | 3 |
| 8 | 1.10 | 20<R<=25 | 45 < Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 0.90 | 1.35 | 0.00 | 0.70 | 5.90 | 15 | 3 |
| 9 | 1.11 | 11<=R<=20 | Δ <= 30 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 5.45 | 15 | 3 |
| 10 | 1.12 | 11<=R<=20 | 30 < Δ <= 45 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 0.90 | 1.35 | 0.00 | 0.70 | 5.90 | 15 | 6 |
| 11 | 1.13 | 11<=R<=20 | 45 < Δ <= 90 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 0.90 | 1.80 | 0.00 | 0.70 | 6.35 | 18 | 9 |
| 12 | 1.14 | 11<=R<=20 | 90 < Δ <= 150 | 0.70 | 0.45 | 1.80 | 0.00 | 1.35 | 1.80 | 0.00 | 0.70 | 6.80 | 21 | 9 |

Tomado de [11]

Para tener un mejor entendimiento de la figura 97, se presenta el siguiente análisis:

El ancho adicional que requiere la calzada se aplica de PC a PT y los sobre anchos varían entre 0,45m a 1,80m.

Siempre, la berma cuneta queda por fuera de la zona de circulación del tránsito, es decir, tanto berma-cuneta interior como la exterior, conservan siempre la misma medida (0,50m).

Para facilitar la construcción de las placas-huella, se determinaron los siguientes anchos: 0,90m, 1,35m y 1,80m.

Las medidas de las franjas de piedra pegada, varían según el tipo de curva. Sin embargo, la piedra pegada exterior conserva su ancho (0,45m) en todos los tipos de curvas, las variaciones se realizan en las franjas central e interior.

Solamente, la *Curva tipo 1* no presenta variaciones en las dimensiones de los elementos de la placa-huella, también de sobre ancho y transición. Estas medidas son iguales en la curva y en la sección transversal.

Sin tener en cuenta los valores de radio y deflexión en ninguno de los siguientes tipos de curvas. En las *Curvas tipo 2, 3 y 4,* se presenta un aumento en el ancho de las placas-huella interior y exterior a (1,35m). La piedra pegada central se reduce a (0.45m) y la piedra pegada interior desaparece. En estas curvas aún no se presenta aumento en el ancho de la sección transversal, esta sigue siendo de (5m).

Las *Curvas tipo 5, 6, 7 y 9* presentan una medida en las placas-huella interior 1 y exterior de (1.80m). La piedra pegada central e interior desaparecen y la curva tiene un sobre ancho de (0.45m) dejando el ancho total de la sección en (5.45m).

Las *Curvas tipo 8 y 10* tienen una medida en las placas-huella exterior de (1,80m) y en las losas interiores 1 y 2 medidas de ancho de (0.90m) y (1,35m) respectivamente. Además, la curva tiene un sobre ancho de (0.90m) y su sección pasa a tener (5,90m).

La *Curva tipo 11*, presenta una medida de placa-huella exterior de (1,80m) y en las losas interiores 1 y 2, tiene un ancho de (0,90m) y (1,80m). La piedra pegada central e interior se reemplazan por los nuevos anchos y se genera un sobre ancho en la curva de (1,35m), dejando el ancho de la sección total en (6,35m).

Finalmente, la *Curva tipo 12*, posee una medida de placa-huella exterior de (1,80m) y en las losas interiores 1 y 2, tiene un ancho de (1,35m) y (1,80m). La piedra pegada central e interior

se reemplazan por los nuevos anchos y se genera un sobre ancho en la curva de (1,80), dejando el ancho de la sección total en (6,80m).

La *longitud de transición total* se aplica en todas las curvas con excepción de la curva tipo 1, esta consiste en el cambio de pendiente del -2% al 2% en tangente. Además, el aumento en el ancho de las franjas de la placa-huella con las medidas que tendrán durante la curva y sin aumentar la sección transversal de la vía. Estos cambios se realizan antes del PC y después del PT. La longitud de transición varía de (6m) a (21m) según el tipo de curva.

La *longitud de transición de sobre ancho* aplica para las Curvas tipo 5 a 12, las cuales aumentan su sección transversal durante la longitud de la curva, independientemente del valor de su radio y deflexión. En las modulaciones previas al punto del PC y después del PT, se construye una losa trapezoidal interior que conecta la longitud de transición total con la nueva sección transversal de la vía durante la curva. Estas longitudes oscilan entre los (3m) y (9m), según el tipo de curva.

Para evitar el problema de fisuras en las placas-huella anteriores y posteriores a la sección donde se realizó el cambio de ancho, debido a que las juntas longitudinales ya no coincidirán, se hace necesario construir una junta transversal en todas las modulaciones en las que haya cambio en el ancho de la losa de las placas-huella.

*Desarrollo del diseño geométrico:* el proyecto de la vía está fundamentado en los parámetros de la Guía de diseño de pavimentos con placa-huella y el Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS. Según estas indicaciones la actividad principal del diseño es la geometría en planta del tramo, ya que debido a la deflexión y el radio de curva se determina el sobre ancho que tendrá o no tendrá el pavimento en las curvas horizontales o si hay algún tramo recto que supere los 250 m en su longitud, también se le debe aplicar un sobre ancho a la vía.

*Descripción del alineamiento horizontal*: el tramo a intervenir tiene una longitud total de 706 m, en un terreno con pendiente media longitudinal de 7%. El alineamiento horizontal inicia con una recta de 39,36m, seguido por una curva derecha de 105,24m de longitud, continua con una tangente de 73,95m, después viene una curva izquierda de 40,56 m de longitud, acompañado de una tangente de 0,25m y de nuevo una curva derecha de 46,2m. Después viene un tramo recto de 13,15m y luego una curva izquierda de 14,41m de longitud, seguida de un tramo recto de 159,84m. Luego, una curva derecha de 18,51m, una recta de 28,43m, una curva izquierda de 51,11m, una recta de 75,14m y finaliza con una curva derecha de 22,29m y una tangente de 17m. La velocidad de diseño de la vía es de 30km/h en terreno montañoso y el ancho promedio de la vía actual es de 5m. Cabe resaltar, que los sobre anchos solo serán aplicados a algunas curvas según la curva tipo de la guía con la que se identifique, ya que no hay tramos rectos mayores o iguales a 250m.

*Descripción del alineamiento vertical o perfil:* el perfil de la vía comienza con una pendiente del 30,2% y termina con una de 6,67% con una longitud de curva convexa de 20m y un radio de 84,98m. El siguiente tramo inicia con la pendiente de 6,67% y termina con una de -0,76%, con una longitud de curva convexa de 50m y un radio de 673,29m. Después, el siguiente tramo, entra con la pendiente de -0,76% y termina con una pendiente 3,16% con una longitud de curva cóncava de 33m y un radio de 842,39m. Finalmente la última curva vertical inicia con una pendiente de 3,16% y termina con una pendiente de 5,19%, con una longitud de curva cóncava de 34,59m y una radio de 1703,35m

*Descripción de las secciones transversales:* el diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al

alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. [2]

Las secciones transversales del proyecto se realizaron cada 20m en tramos rectos y cada 10m en curva, también se obtuvieron las secciones de los PC, PM y PT, que son elementos pertenecientes a las curvas horizontales. Además, en las vistas de cada sección se puede ver la disposición y las dimensiones de los elementos de la placa-huella, cada sección tiene un cuadro de cantidades donde se observa el material (Subbase, piedra pegada, placa-huella y berma-cuneta) y el área (m2) que ocupa este material en la sección del pavimento. También, las vistas de las secciones muestran la pendiente que lleva la vía en este tramo, en recta (-2%) y en las curvas, en las cuales es aplicado el peralte en la parte externa de la curva (+2%). Cabe resaltar que para este proyecto se tuvo en cuenta las cantidades de corte hacia el talud de corte y no de terraplén. Se consideró que si en alguna curva la sección transversal de la vía se incrementa, el aumento de sección en las curvas se realizaba hacia la parte del talud de corte.

*Diseño del alineamiento horizontal en AutoCAD Civil 3D:* a continuación, se observa el diseño del alineamiento horizontal (Apéndice A) en Civil 3D para el mejoramiento de la vía.

*Diseño del Perfil de la vía en AutoCAD Civil 3D:* a continuación, se puede evidenciar el diseño del perfil vial (Apéndice B) en Civil 3D.

*Diseño de las Secciones Transversales en AutoCAD Civil 3D:* en este apartado, se puede observar el registro de una de las secciones transversales del diseño geométrico (Apéndice C), la cual corresponde a la abscisa 0+110.000.

*Cuadro de construcción del eje de la vía:* la tabla de construcción del eje (Apéndice D) permite materializar el diseño sobre el terreno con alto porcentaje de exactitud. En esta tabla están representados todos los elementos de las curvas horizontales (PC, PI y PT) y tangentes o rectas.

Las coordenadas permiten la ubicación de puntos unidos al eje de la vía, ya que es un tipo de obra lineal.

*Parámetros geométricos de las curvas horizontales del eje:* en la figura 97 se encuentran los parámetros de cada una de las curvas horizontales de la vía en placa-huella, identificando las Curvas tipo presentadas en la figura 96. Con el fin de diseñar geométrica y estructuralmente las curvas de la vía de estudio tal como indica. [11]

**Figura 98.** *Parámetros de diseño, curvas horizontales para placa-huella.*

| Curva | Longitud de curva (m) | Angulo Delta | Radio (m) | Tipo de curva | Sobreancho (m) | Transición (m) | Dirección |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 105,24 | 66,9979 (d) | 90 | 2 | 0 | 6 | DER |
| 2 | 40,564 | 105,6434 (d) | 22 | 8 | 0,9 | 15 | IZQ |
| 3 | 46,2 | 120,3213 (d) | 22 | 8 | 0,9 | 15 | DER |
| 4 | 14,411 | 33,0267 (d) | 25 | 7 | 0,45 | 15 | IZQ |
| 5 | 18,511 | 42,4233 (d) | 25 | 7 | 0,45 | 15 | DER |
| 6 | 51,114 | 73,2158 (d) | 40 | 5 | 0,45 | 12 | IZQ |
| 7 | 22,288 | 51,0801 (d) | 25 | 7 | 0,45 | 15 | DER |

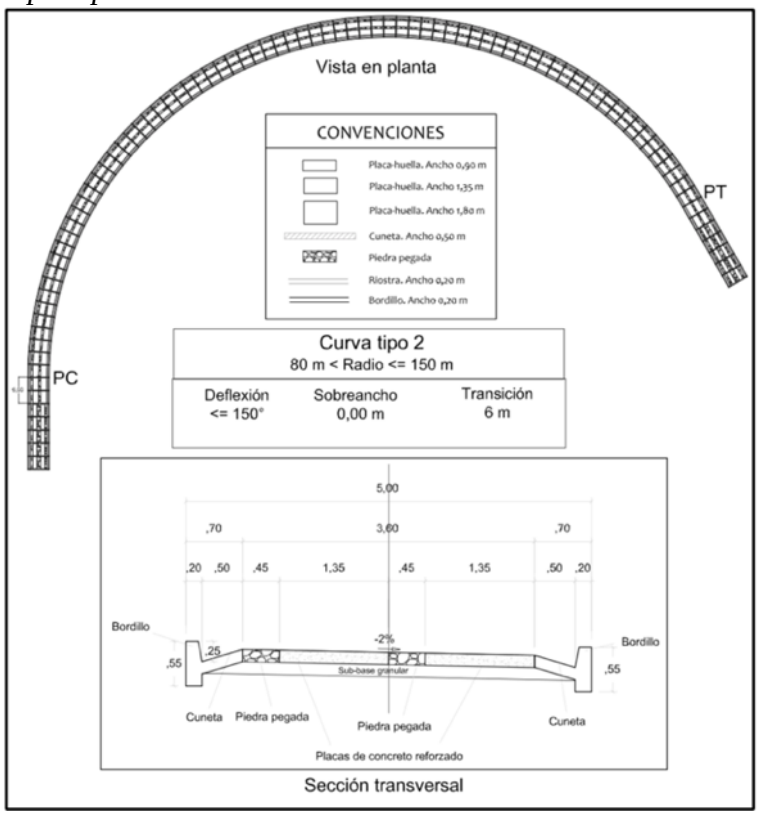
Para la construcción de todas las secciones transversales que van a estar a lo largo del eje de la vía debido a los cambios de sección según el tipo de curva, si tiene sobreancho o si es tramo recto. El programa Civil 3D permite la creación de estas secciones y que el pavimento durante toda su longitud cumpla con los requerimientos de [2] y [11].

Estas secciones se crean mediante la opción Assembly en la cual, se dibujan como serán las dimensiones de los elementos de la placa-huella, si la sección se encuentra en tramo recto o si es una curva, a que curva tipo de la guía corresponde, su transición y si tiene sobreancho. La construcción del sobreancho depende del sentido de la curva, es decir, si es izquierda o derecha, ya que este se debe realizar siempre en la parte interna de la curva [11].

En el presente proyecto se crearon 6 Assembly, el primero fue dibujado para los tramos rectos o tangentes (Apéndice E), el siguiente fue diseñado para una curva tipo 2 izquierda

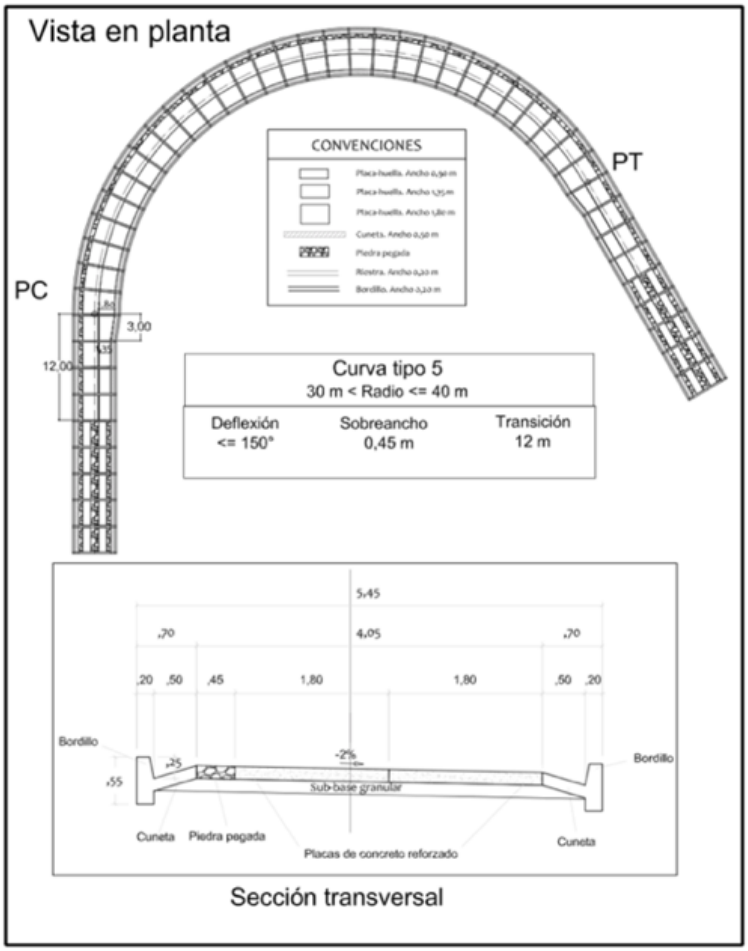
(Apéndice F). Después fue diseñada la sección para las curvas tipo 5 y curvas tipo 7 derecha e izquierda (Apéndice G), se realizó una misma sección para estos tipos de curva, debido a que en su sección transversal y sobreancho las dimensiones de los elementos de la placa-huella son los mismos. Por último, se diseñó el Assembly para una curva tipo 8 izquierda y derecha (Apéndice H).

**Figura 99**. *Curva Tipo 2 para la curva 1*



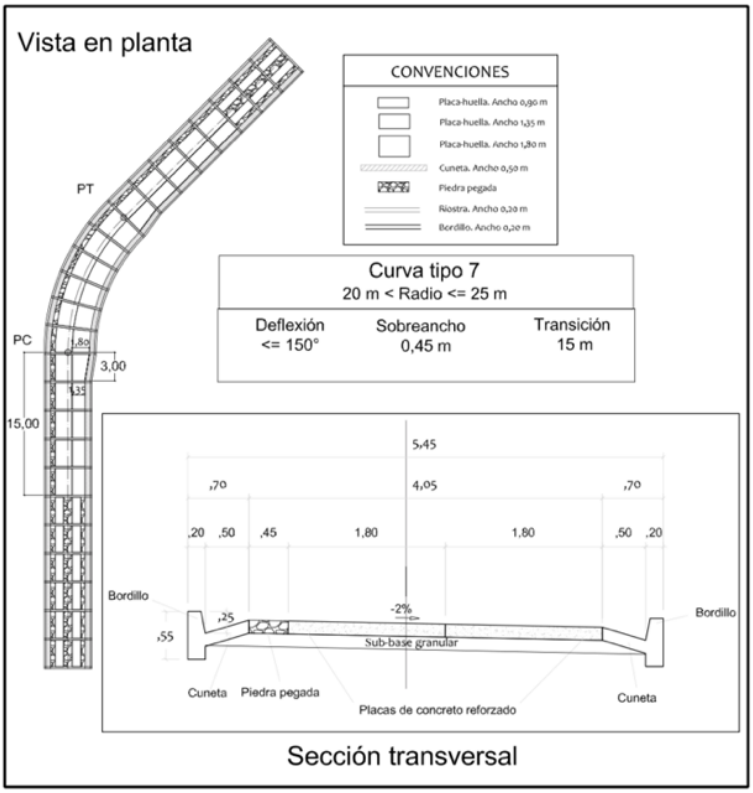

Tomado de [11]

**Figura 100.** *Curva Tipo 5 para curva 6*



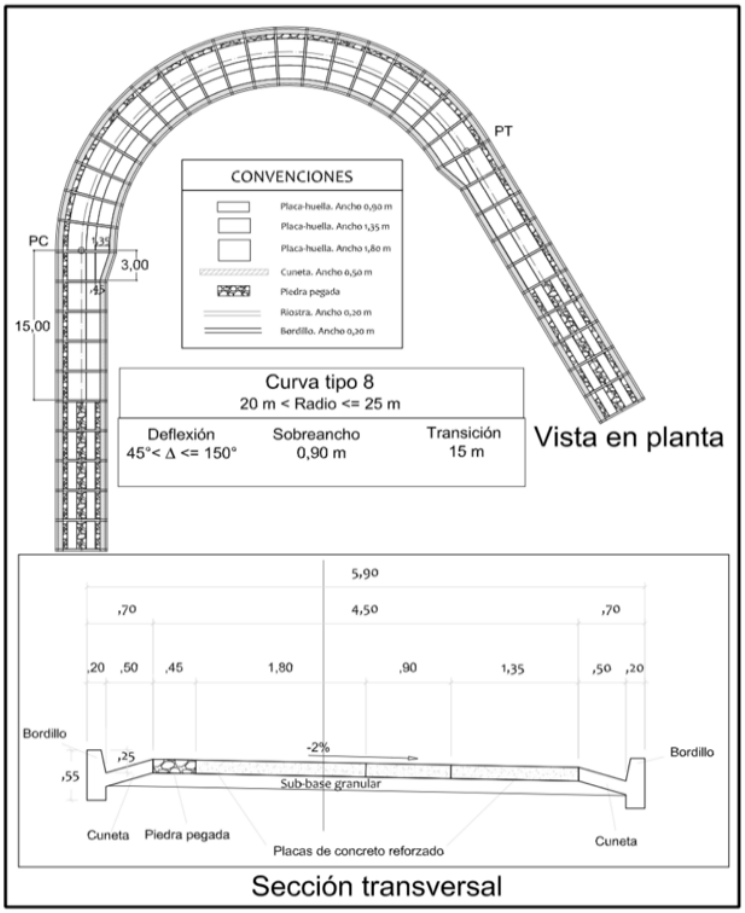

Tomado de [11]

**Figura 101.** *Curva Tipo 7 para curvas 4,5 y 7*




Tomado de: [11]

**Figura 102**. *Curva Tipo 8 para curvas 2 y 3*




Tomado de [11]

## 8.6 Diseño Estructural

*Criterio de diseño adoptado:* para diseñar las losas (placas-huella) se adoptó la medida de quince centímetros (0,15 m) de espesor en concreto reforzado, apoyadas sobre la capa de subbase, ya que este es el espesor mínimo que debe cumplir el acero que está en contacto directo sobre el suelo. También, las losas están complementadas con vigas transversales o riostras reforzadas, que aportan confinamiento a todos los elementos de la sección transversal. El acero de refuerzo de las placas-huella y riostra se entrecruza con la finalidad de que la estructura trabaje de una forma monolítica. [54]

*Vehículo de diseño:* las placas-huella y riostras están diseñadas con una capacidad estructural suficiente para que el paso de un camión C3, que tiene una carga de veintidós (22) toneladas en su eje tándem no genere esfuerzos superiores a los esfuerzos admisibles de las placas. Por consiguiente, si un camión C3 no genera falla tampoco lo harían vehículos de menor peso que este. [54]

*Materiales*

*Elementos en hormigón:* en las vigas inicial y final, viguetas intermedias (riostras), placas de acceso, en las huellas y sobre anchos se utilizará un hormigón clase D que tiene una resistencia a la compresión de 3000 PSI, para las berma-cunetas será clase E con una resistencia de 2500 PSI. Finalmente, para las franjas de piedra pegada centrales y laterales se utilizará un hormigón ciclópeo clase G. El agregado grueso para el hormigón debe tener un tamaño máximo de 0,038m y un asentamiento de 0,05m y así cumplir con las especificaciones de construcción del INVIAS.

*Acero de refuerzo:* las placas-huella y berma-cunetas llevarán una armadura o parrilla en acero #4 cada 0.15m en el sentido longitudinal y en acero #2 cada 0,30m en el sentido transversal. Cuando la vía pasa por una pendiente pronunciada, se deben reemplazar 3 barras longitudinales por acero de 3 ½”. Cabe resaltar, que las placas de acceso deben llevar acero #4 en ambos sentidos.

En cuanto al acero de las riostras y vigas extremas, se deben colocar 4 barras de acero longitudinales #4. Dos en la parte inferior y dos en la superior. Además, los estribos o flejes como refuerzo transversal cada 0.15m con acero de #2.

La resistencia del acero de refuerzo es de: 4200 kg/cm2 (60000PSI) < Fy < 5200 Kg/cm2 (74285PSI)

*Formaletas:* las formaletas o encofrados son armazones de madera, plástico o metal que se utilizan para construir vigas, losas, muros o columnas de hormigón. Esas piezas, generalmente metálicas se ubican según la forma y las medidas que tenga elemento que se quiere construir. Para el caso de las placas-huella, se instala la formaleta de forma longitudinal y transversal para construir las huellas, las franjas de piedra pegada, berma-cunetas y riostras. Luego, se procede con la instalación del acero de refuerzo en los elementos que sea necesario y después se realiza el vaciado del concreto.

*Dimensiones y refuerzo de la placa-huella:* Las losas de placa-huella tendrán las siguientes dimensiones y refuerzo de acero:

*Longitud:* la longitud puede variar entre un valor mínimo de 1,0m y un valor máximo de 2,80m. La Guía de diseño de pavimentos en placa-huella establece que los efectos sobre una placa-huella de una longitud corta y un ancho mayor, sumado a una excelente condición de apoyo, permiten la disminución de los esfuerzos producidos por los vehículos.

*Ancho:* pueden tener estos tres anchos; 0,90m, 1,35m y 1,80m.

*Espesor:* el espesor de las placas-huella para cualquier ancho o longitud es de 0,15m. El acero de refuerzo se debe disponer en la mitad del espesor de las losas, esto implica un recubrimiento para el acero de 0,075m, tanto en la cara superior como en la inferior.

*Refuerzo longitudinal:* una barra # 4 cada 0,15m (1#4@0,15m). La longitud de traslapo de las barras longitudinales #4 es mínimo de 0,60m. En este diseño el traslapo será de 1m.

*Refuerzo transversal:* una barra # 2 cada 0,30m (1#2@0,30m).

En las figuras 103, 104 y 105 se puede observar una vista en planta, longitudinal y sección transversal del pavimento, con todas las dimensiones y disposición del refuerzo de los elementos que conforman las placas-huellas en un tramo recto.

**Figura 103.** *Planta de distribución de acero de refuerzo*

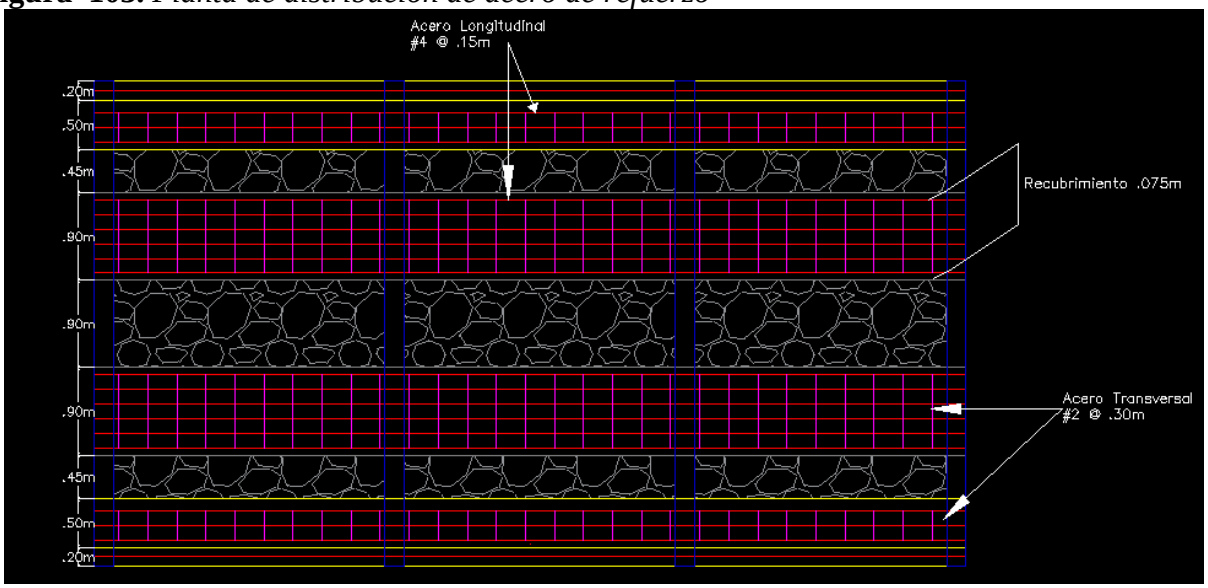



**Figura 104.** *Sección transversal placa-huella*

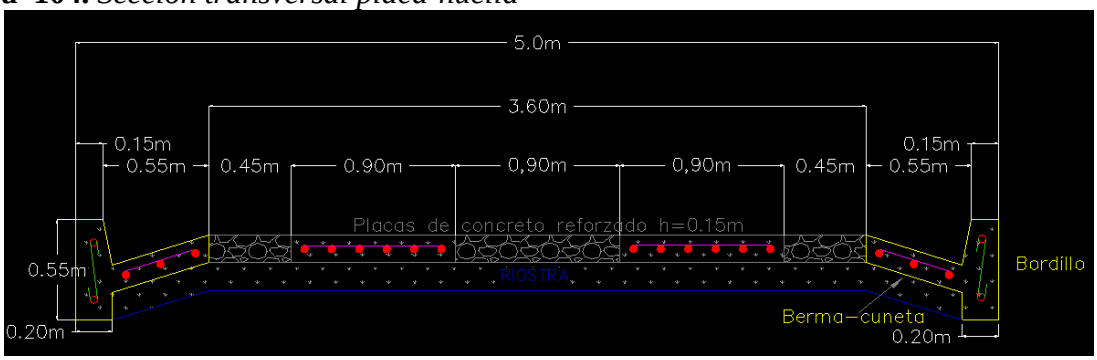
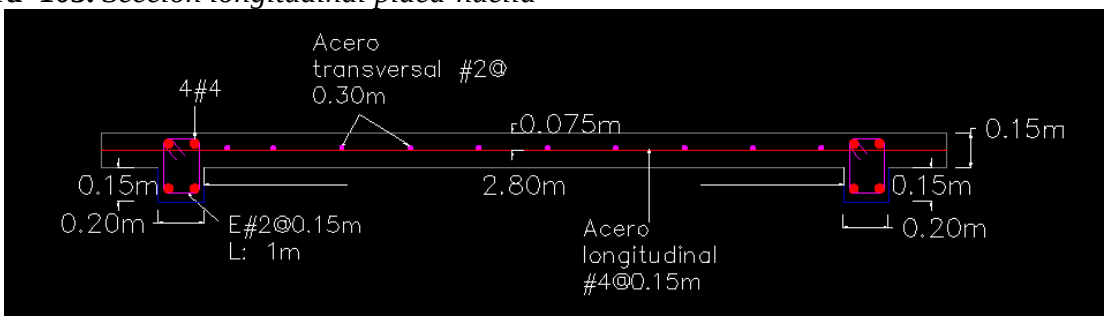



**Figura 105.** *Sección longitudinal placa-huella*



*Dimensiones y refuerzo de las riostras:* las riostras tienen las siguientes dimensiones y refuerzo de acero:

*Longitud en tangente:* la longitud de la riostra en un tramo recto es de 5,0m.

*Longitud máxima:* esta longitud se aplica en las curvas que requieran sobre ancho, 6,80m.

*Ancho de la riostra:* el ancho de este elemento sea un tramo recto o curva es de 0,20m.

*Peralte de la riostra:* la altura de la riostra inicia desde la capa de subrasante y es de 0,30m.

*Refuerzo longitudinal:* el refuerzo dispuesto longitudinalmente para este elemento son 4 barras de acero #4. Por otro lado, la longitud de traslapo de las barras longitudinales mínima es de 0,60m, para el diseño fue tomado un traslapo de 1m. Además, el recubrimiento de las barras longitudinales #4 es de 0,075m, tanto en la parte superior como la inferior.

*Refuerzo transversal*: un estribo con barras #2 cada 0,15m (1#2@0,15).

En las figuras 105, 106 y 107 se puede apreciar una vista de la sección, sección transversal y en planta de la viga riostra, con sus dimensiones y disposición del refuerzo.

**Figura 106.** *Sección transversal de la riostra.*

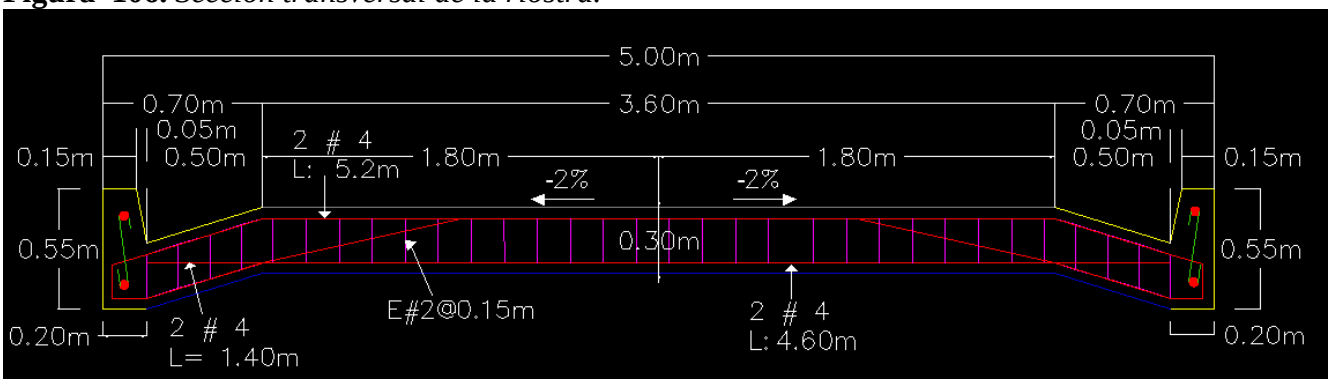


**Figura 107.** *Vista en planta de la riostra*

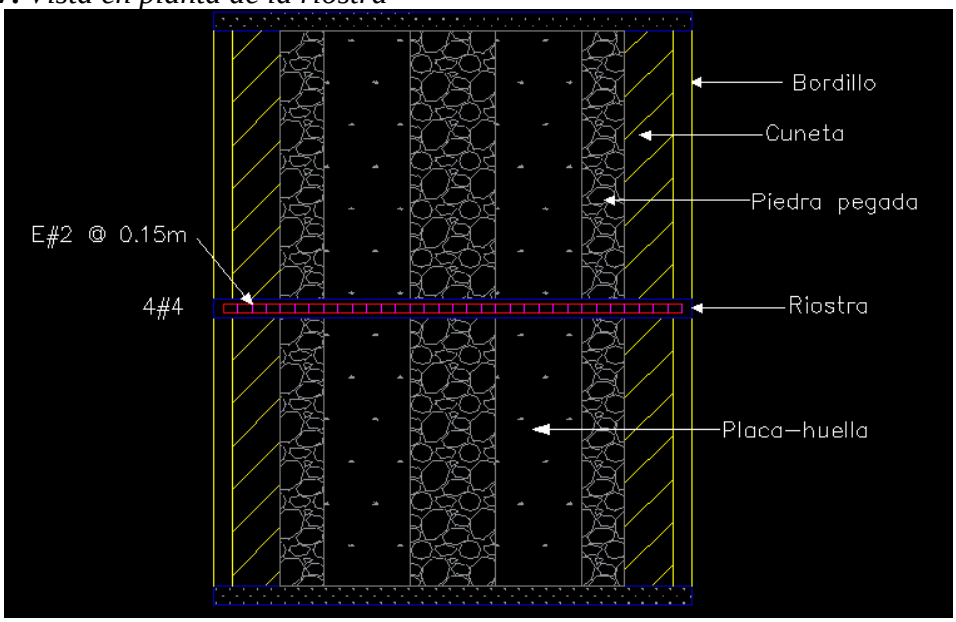
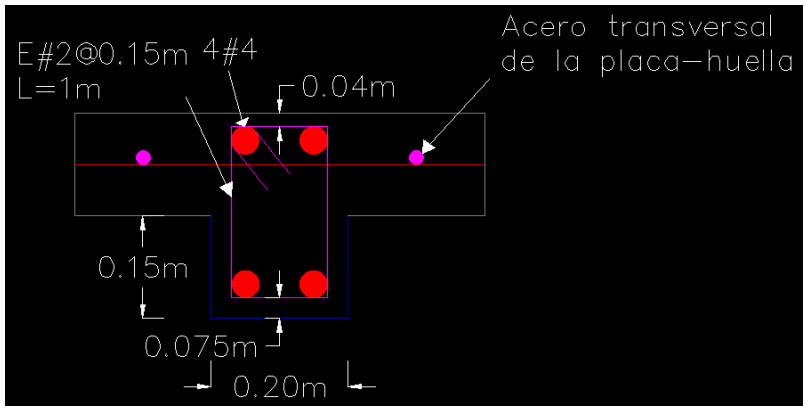



**Figura 108.** *Sección de la riostra*




*Dimensiones de la piedra pegada:* la piedra pegada está conformada por hormigón ciclópeo, que está compuesto por 60% hormigón simple y 40% de agregado ciclópeo, el cual tiene las siguientes características.

*Características del hormigón simple:* la resistencia a la compresión (f'c) a los 28 días es igual a 210 kg/cm2. El tamaño máximo del agregado grueso es de 0,0038m. Asentamiento: cinco centímetros (0,05m).

*Características del agregado ciclópeo*: el tamaño máximo del agregado está entre 0,08m y 0,12m. Deben ser cantos rodados.

*Dimensiones y refuerzo de la berma-cuneta y el bordillo:* la berma-cuneta y el bordillo tienen las siguientes dimensiones

*Berma-cuneta:* es de suma importancia que la berma-cuneta pueda soportar los esfuerzos producidos por el vehículo de diseño y por esta razón, el espesor, el refuerzo requerido junto con las características de los materiales deben ser similares a los utilizados en la construcción de la placa-huella.

*Longitud:* las berma-cuneta hacen parte del módulo de la placa-huella y por esta razón tienen una longitud de 2,8m durante toda la extensión del pavimento. Estas son obras que contribuyen al drenaje longitudinal de la vía, conduce la escorrentía superficial hacia los pozos de captación de las alcantarillas.

*Ancho:* el ancho de la berma-cuneta es de 0,50m.

*Espesor:* tiene el mismo espesor que las placas-huella y las franjas de piedra pegada, 0,15m.

*Refuerzo longitudinal:* se disponen 3 barras #4 separadas cada 0,15m y con un recubrimiento en la parte inferior y lateral de 0,075m.

*Refuerzo transversal:* se disponen barras de acero #2 separada 0,30 m.

*Bordillo:* se definen como bordillos a los elementos de hormigón in situ o prefabricado, colocados sobre una solera adecuada. Estos constituyen la función de una cinta que delimita la superficie de la calzada, la de una acera o la de un andén.

*Longitud:* si son construidos in situ, su longitud esta determinada por la modulación de la placa-huella, la cual es 2,8m. Cuando son prefabricados, su longitud es de 0,55m.

*Ancho:* Tienen un ancho que varía entre 0,15m en la zona superior y 0,20m en la inferior.

*Refuerzo Longitudinal:* Compuesto por dos barras de acero #4, que se colocan por toda la longitud del pavimento y se traslapan a una distancia de 1m.

*Refuerzo Transversal:* Ganchos de acero #3, con una separación 0,15m.

**Figura 109**. *Planta de berma-cuneta y bordillo*

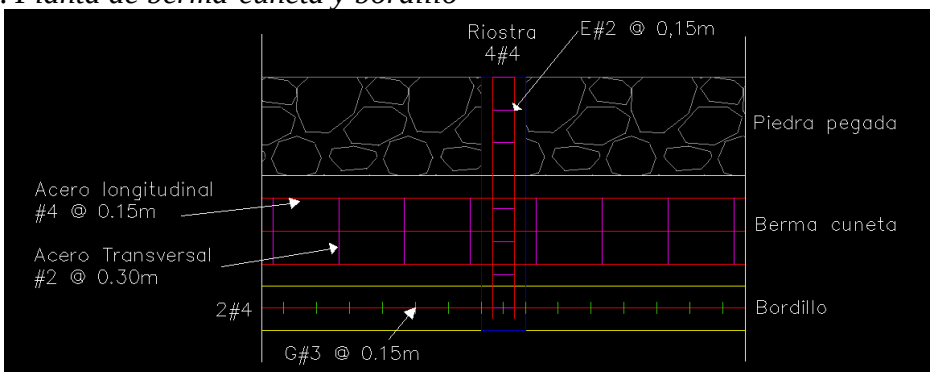
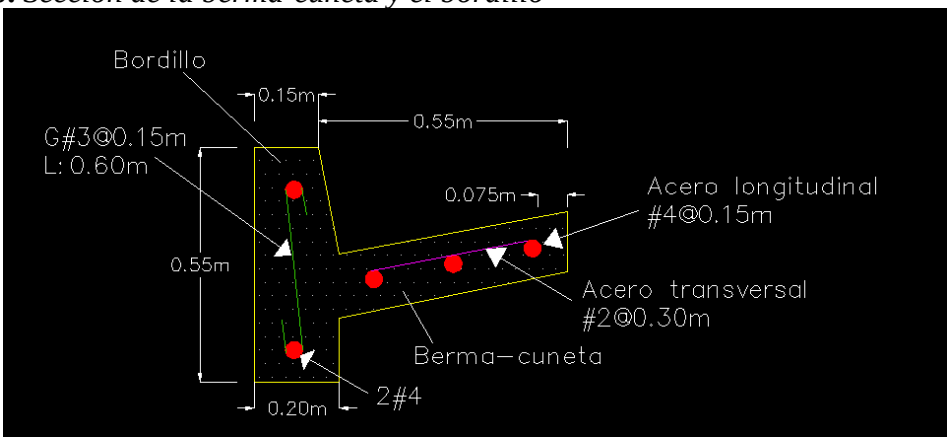



**Figura 110.** *Sección de la berma-cuneta y el bordillo*




*Juntas:* el modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en placa-huella como una estructura monolítica, por esta razón, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, a

fin de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción. [11]

**Figura 111.** *Junta transversal de construcción en riostra*

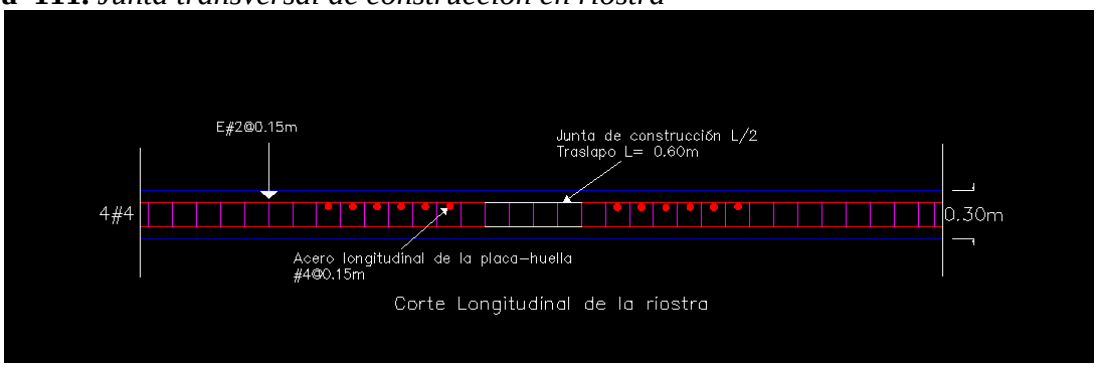



**Figura 112**. *Junta transversal de construcción en berma-cuneta y bordillo*

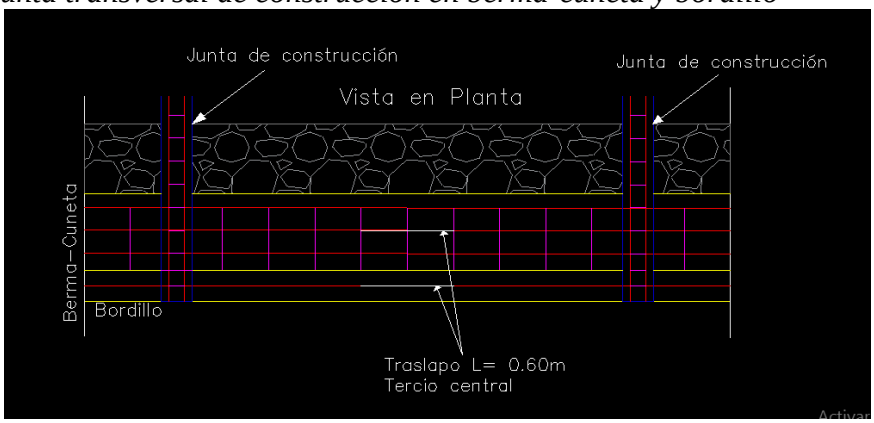
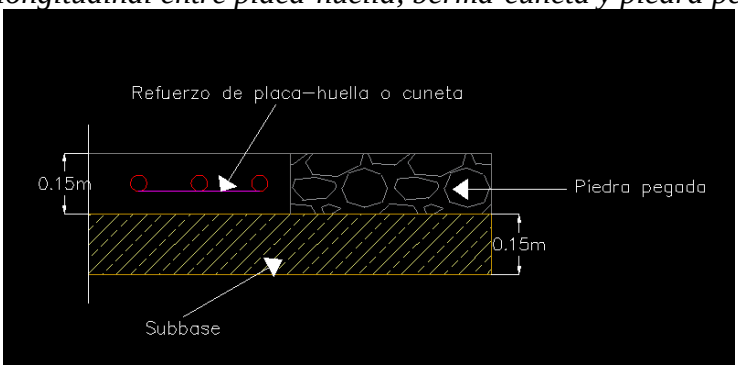



**Figura 113**. *Junta longitudinal entre placa-huella, berma-cuneta y piedra pegada*



- *Tabla de área y volumen de la Sub-base: se calculó* el volumen acumulado (m3) de la sub-base del pavimento (véase Apéndice I).
- *Tabla de área y volumen de la placa-huella:* se calculó el volumen acumulado (m3) de la placa-huella del pavimento (véase Apéndice J).
- *Tabla de área y volumen de la piedra pegada:* se calculó el volumen acumulado (m3) de la piedra pegada del pavimento (véase Apéndice K).
- *Tabla de área y volumen de la berma-cuneta:* se calculó el volumen acumulado (m3) de la berma-cuneta del pavimento (véase Apéndice L).

### *8.6.1 Análisis de la composición estructural.*

En [36] se encuentran los siguientes parámetros para el diseño de un pavimento rígido, como lo son: la subrasante, base granular, tránsito, características del concreto y elementos de transferencia (barras y dovelas).

Conforme a los datos reunidos en el estudio de tránsito y suelos, la estructura seria la siguiente:

- *Transito T0:* 0 a 200 TPDs con NESE < 1’000.000 de 8,2T
- *Tipo de suelo:* S2 con 2%-5% y 200 kg/cm2
- *Material de soporte del pavimento*: Base granular (BG)
- *Concreto:* MR4 de 45kg/cm2
- *Dovelas:* barras de acero de refuerzo longitudinal y transversal como sustitución de las dovelas.

**Figura 114.** *Espesores de losa de concreto, base granular y subrasante*

| ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tránsito T0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S1 | | | | S2 | | | | S3 | | | | S4 | | | | S5 | | | |
| | | D y B | D y no B | No D y B | No D y no B | D y B | D y no B | No D y B | No D y no B | D y B | D y no B | No D y B | No D y no B | D y B | D y no B | No D y B | No D y no B | D y B | D y no B | No D y B | No D y no B |
| SN | MR1 | | | 24 | 28 | 23 | 27 | 23 | 27 | 21 | 24 | 21 | 24 | 20 | 24 | 20 | 24 | 20 | 23 | 20 | 23 |
| | MR2 | | | 23 | 27 | 22 | 26 | 22 | 26 | 20 | 24 | 20 | 24 | 20 | 23 | 20 | 23 | 19 | 22 | 19 | 22 |
| | MR3 | | | 23 | 26 | 21 | 25 | 21 | 25 | 20 | 23 | 20 | 23 | 19 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 |
| | MR4 | | | 21 | 24 | 20 | 24 | 20 | 24 | 19 | 22 | 19 | 22 | 18 | 21 | 18 | 21 | 18 | 21 | 18 | 21 |
| BG | MR1 | | | 23 | 26 | 22 | 26 | 22 | 26 | 21 | 24 | 21 | 24 | 20 | 23 | 20 | 23 | 20 | 23 | 20 | 23 |
| | MR2 | | | 22 | 25 | 21 | 25 | 21 | 25 | 20 | 23 | 20 | 23 | 19 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 |
| | MR3 | | | 21 | 24 | 20 | 24 | 20 | 24 | 29 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 | 19 | 22 | 18 | 21 | 18 | 21 |
| | MR4 | | | 20 | 23 | 19 | 23 | 19 | 23 | 28 | 21 | 18 | 21 | 18 | 21 | 18 | 21 | 17 | 20 | 18 | 20 |
| BEC | MR1 | | | 20 | 23 | 19 | 22 | 19 | 22 | 18 | 21 | 18 | 21 | 18 | 20 | 18 | 20 | 17 | 20 | 17 | 20 |
| | MR2 | | | 19 | 22 | 19 | 21 | 19 | 21 | 17 | 20 | 17 | 20 | 17 | 20 | 17 | 20 | 17 | 19 | 17 | 19 |
| | MR3 | | | 18 | 21 | 18 | 21 | 18 | 21 | 17 | 19 | 17 | 19 | 16 | 19 | 17 | 19 | 16 | 19 | 17 | 19 |
| | MR4 | | | 18 | 20 | 17 | 20 | 18 | 20 | 16 | 19 | 17 | 19 | 16 | 18 | 17 | 18 | 15 | 18 | 17 | 18 |

Tomado de [36]

El resultado obtenido para los espesores de la losa de concreto y base granular son 0.17m y 0.19m respectivamente.

La verificación de espesores de losa y base granular, muestran poca variación con las medidas recomendadas por la [11]. Por lo tanto, los espesores de 0,15m para la losa de concreto reforzado y la sub-base granular se mantendrán para la construcción del proyecto. Esto con el fin de ahorrar en las cantidades de material y no aumentar el presupuesto de la ejecución del proyecto.

## 9. Obras de drenaje

El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, subpresiones de flujo, presiones hidrostáticas e incrementa la susceptibilidad a los

cambios volumétricos. Por tal motivo, el agua es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial. [55]

El drenaje de la vía tiene como objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la carretera y darle salida de tal manera que no afecte progresivamente la capa de rodadura de la vía y su cimentación. [11]

Antes de realizar el cálculo y la ubicación de las obras de drenaje se hace necesario realizar un análisis hidrológico de la zona de influencia de la vía debido a que es importante determinar una predicción del comportamiento que tendrá el agua sobre la superficie de rodadura de la vía.

## 9.1 Análisis Hidrológico

Como consecuencia a los cambios generados en el ciclo hidrológico a causa de la construcción de vías, el comportamiento del flujo del agua cambia, por esta razón en la construcción de una carretera se debe implementar un sistema de drenaje, el cual es un conjunto de obras que están encargadas de llevar las aguas de escorrentía o flujo superficial y evacuar adecuadamente en afluentes naturales. En la estructura de un pavimento se generan daños causados por la erosión que produce un mal drenaje del agua, también un deterioro en los taludes, generando inestabilidad y un riesgo para los usuarios de la vía. [56]

La creación de áreas impermeables y la modificación del suelo para construir una vía, hace necesario el estudio de las características hidroclimáticas de la zona, en función de la variación de la temperatura, clima y precipitación.

Según el POT del municipio de Floridablanca, el territorio se encuentra ubicado sobre la subcuenca de río Frío en la microcuenca Aranzoque-Mensuli.

**Figura 115**. *Subcuenca del municipio de Floridablanca*

| SUBCUENCA | MICROCUENCA | CAUDAL (L/SG) | ÁREA INFL.(HA) | AFLUENTES | USO |
|---|---|---|---|---|---|
| **Río Frío** | Río Frío alto | 0.40 | 3.658 | Dos Aguas<br>Agua Blanca<br>La Bejuca<br>La Carbona | Acueducto<br>Acueducto<br>Agropecuario<br>Agropecuario |
| | Río Frío bajo | 0.15 | 2.088 | Ruitoque | Agropecuario |
| | Zapamanga | 0.19 | 1.214 | San Antonio<br>La Cascada<br>La Despensa<br>Suratoque | Acueducto– Agropec.<br>Agropecuario<br>Agropecuario<br>Agropecuario |
| | Aranzoque - Mensulí | 0.19 | 1.540 | La Guayana | Acueducto –Agropec. |
| **Río de Oro bajo medio** | Ruitoque | - | 3.284 | El Roncador | Acueducto-Agropec. |

Tomado de [57]

*Clima:* en general el clima del municipio es catalogado como cálido moderado, con una temperatura promedio de 23 grados centígrados, con dos periodos lluviosos y dos secos: el lluvioso comprende los meses de marzo, abril y mayo, para la segunda época comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre. Las épocas secas están determinadas por los meses de diciembre, enero, febrero y los meses de junio, julio y agosto. [58]

*Temperatura:* la temperatura promedio del municipio es de 22.8 grados centígrados, el gradiente de temperatura es de 0,7 grados centígrados por cada 100 metros que se asciende; aunque los factores como el tipo de suelo, la vegetación y la proximidad de centros poblados afectan también la temperatura. [58]

*Precipitaciones:* las precipitaciones máximas mensuales para el municipio son de 175,1 mm y se registran en el mes de abril, en tanto que los meses de menor precipitación son agosto y diciembre cuando solo alcanza los 86,7mm. El promedio anual de precipitación para el municipio es de 1,568mm. [58]

*Geomorfología:* el área de Floridablanca presenta un amplio sector montañoso, el cual hace parte de la Cordillera Oriental, macroestructura macizo de Santander, en donde el ambiente morfo

genético denudacional (procesos erosivos hídricos) es dominante y se encuentra conformado principalmente por rocas metamórficas como: (esquistos, filitas y cuarcitas) y rocas ígneas (cuarzo monzonitas). La altitud presente en el área varía entre los 1000 y los 3500 msnm (Alto Picacho); permitiendo la existencia de tres pisos térmicos, desde el medio o templado, el frío y el subpáramo; y donde las temperaturas ambientales van desde 8 a 23 grados centígrados.

Geomorfológicamente, el paisaje de montaña presenta diferentes tipos de relieve, denominados: Crestas ramificadas, cornisas, cuestas, talud de derrubio y valles intermontanos. [58]

## 9.2 Control de aguas superficiales

Las obras de drenaje superficial que trabajan directamente sobre la carretera se consideran como longitudinales y transversales, según la posición que estas guarden con respecto al eje de la vía.

El drenaje longitudinal tiene por objeto captar los flujos de agua para evitar que lleguen a la vía o permanezcan en ella causando desperfectos. A este grupo pertenecen las cunetas y bordillos. En cambio, el drenaje transversal da paso al agua que cruza de un lado a otro de la vía. [59]

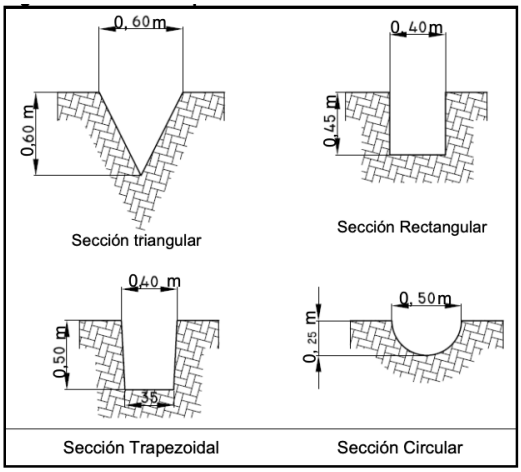
### *9.2.1 Drenaje Longitudinal*

El sistema de drenaje longitudinal está constituido por aquellos elementos que se desarrollan en forma aproximadamente paralela al eje de la carretera. El más notorio es la cuneta, canal que atrapa el caudal que discurre por la vía y lo canaliza.

*Cunetas*: son canales abiertos construidos en los costados de las carreteras. El objetivo principal de estas obras es; recoger las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, taludes de corte y laderas adyacentes.

La sección transversal es variable según lo determine el diseño, siendo común la forma triangular, porque facilita su limpieza por medios mecánicos, aunque también se pueden construir de forma trapezoidal, cuadrada y semicircular. En la figura 116 se muestra algunas secciones típicas de cunetas. [59]

**Figura 116.** *Secciones típicas de cunetas.*




Tomado de [59]

### *9.2.2 Drenaje Transversal*

El drenaje transversal abarca aquellos elementos que transportan el agua cruzando el eje de la carretera (alcantarilla). Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el aporte de la cuenca que está aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo. [59]

*Alcantarilla:* es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente.

Las alcantarillas están compuestas por estructuras de entrada y salida, el conducto o tubería de cruce y las obras complementarias de encoles y descoles que conducen el agua hacia o desde la alcantarilla, respectivamente.

La separación entre alcantarillas depende de varios factores entre los cuales podemos destacar: la topografía, la hidrología de la zona, la pendiente del tramo de carretera, la vegetación, el trazado, etc. [59] A continuación, se presenta la descripción de las partes de una alcantarilla.

*Poceta o caja colectora:* estructura que recibe el agua recolectada por las diferentes estructuras de drenaje longitudinal, especialmente cunetas.

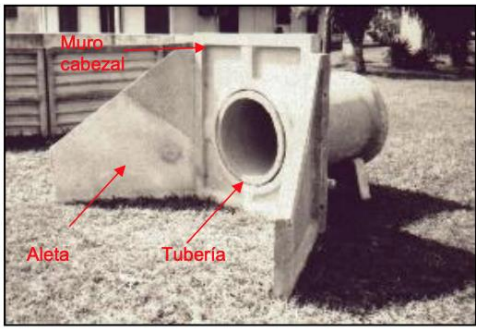
*Muro cabezal:* tiene como finalidad contener el material que sirve como estructura de la vía así como de protección de la tubería.

*Aletas:* Se utilizan para contener los taludes que conforman el terraplén de la vía y/o el terreno natural.

*Tubería:* Pueden ser de concreto o láminas metálicas, especialmente de acero. Tiene como fin garantizar la conducción del flujo de un lado al otro de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar los materiales que componen la estructura de pavimento.

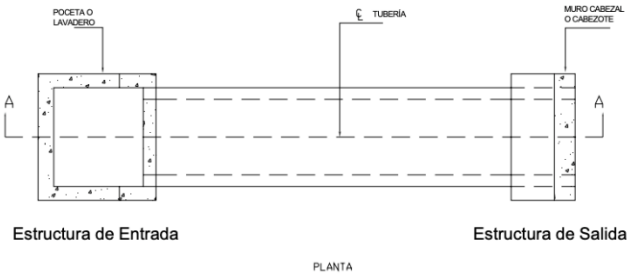
Las figuras 117 y 118 muestran las partes típicas de una alcantarilla.

**Figura 117.** *Partes principales de una alcantarilla*




Tomado de [59]

**Figura 118.** *Partes de una alcantarilla con poceta en planta*




Tomado de: [59]

## 9.3 Recomendaciones para el diseño del drenaje superficial de la vía

Para el diseño del drenaje de la vía es necesario tener las siguientes consideraciones en cuenta para lograr un buen drenaje.

En primer lugar, el agua no debe circular en cantidades excesivas por la superficie de rodadura, así mismo, evitar que el agua de las cunetas humedezca los terraplenes originando asentamientos, además, impedir que el agua de los arroyos sean remansadas por los terraplenes con el peligro de erosión y arrastre de sedimentos. [11]

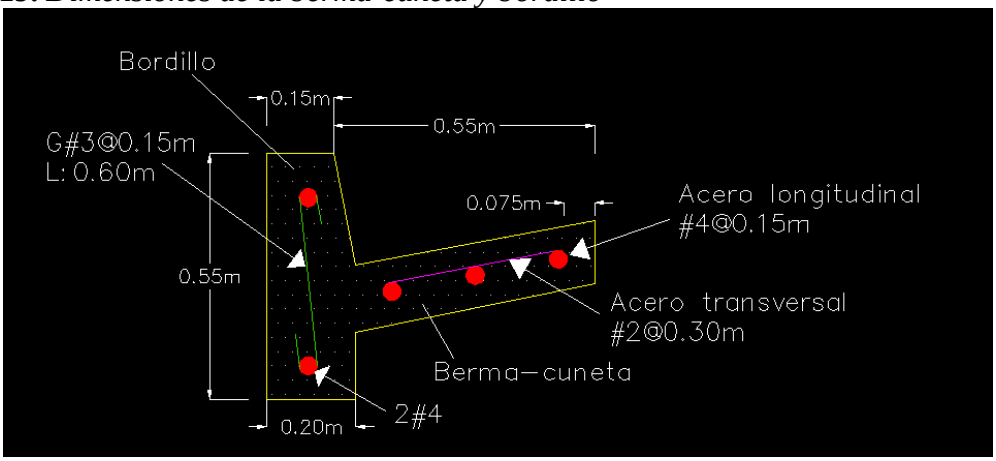
## 9.4 Control hidráulico de la berma-cuneta

Las aguas lluvias provenientes de la placa-huella y el talud de corte, se recogen en dos berma-cunetas ubicadas en los costados de las placa-huella. Cabe resaltar, que las berma-cunetas también sirven de confinamiento lateral de la estructura del pavimento y de anclaje a las riostras, las cuales sirven de confinamiento transversal.

Las dimensiones de la berma-cuneta permiten que eventualmente la rueda de un vehículo pueda circular por ella para permitir el adelantamiento entre vehículos livianos y también que el agua que recorre la superficie de rodadura pueda ser canalizada y entregada en una poceta y posteriormente a la alcantarilla. [11]

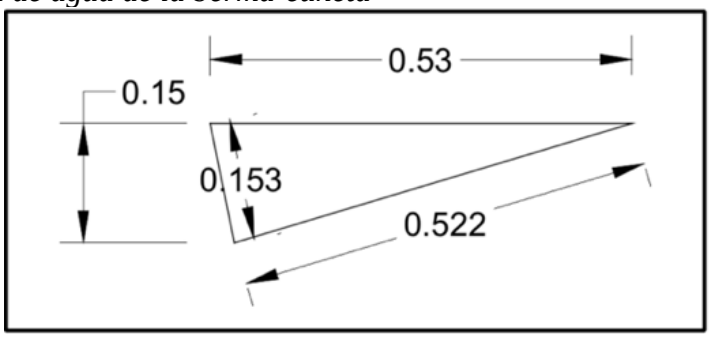
La forma y las dimensiones de la berma-cuneta y bordillo recomendada en la Guía de diseño de pavimentos en placa-huella se aprecia en la figura 119.

**Figura 119.** *Dimensiones de la berma-cuneta y bordillo*




En la figura 120 se puede ver la lámina de agua que se forma en la berma-cuneta presentada en [11].

**Figura 120**. *Lámina de agua de la berma-cuneta*




Tomado de [11]

Se puede observar en la imagen 120 que las dimensiones que forma la lámina de agua, son menores a las dimensiones de la berma-cuneta y bordillo diseñado por [11]. Por esta razón, la berma-cuneta es capaz de soportar la corriente de agua, para ser llevada a la alcantarilla y que esta no circule por la capa de rodadura mientras es drenada.

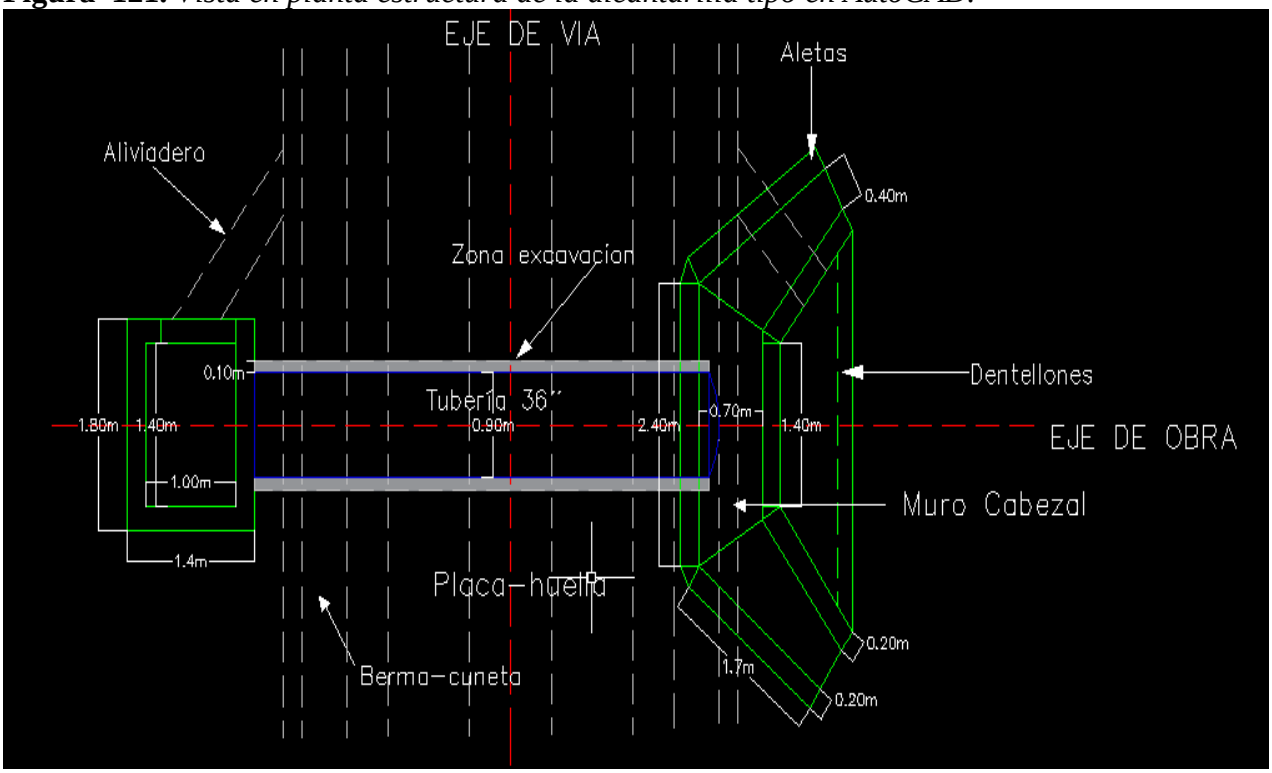
## 9.5 Localización de las alcantarillas

De acuerdo con los numerales 16.1 y 16.3 de [11]. Las alcantarillas se deben ubicar en los siguientes sitios del pavimento.

- Al final de la longitud máxima de cuneta, es decir 100m.
- En el punto más bajo de una curva vertical cóncava, donde hay un cambio de pendiente de descenso a ascenso.
- En los cruces de aguas permanentes de acuerdo con los estudios hidrológicos e hidráulico.
- En el cruce de flujo de agua en hondonadas donde potencialmente se presenta paso de agua en épocas de lluvia.

## 9.6 Alcantarilla Tipo

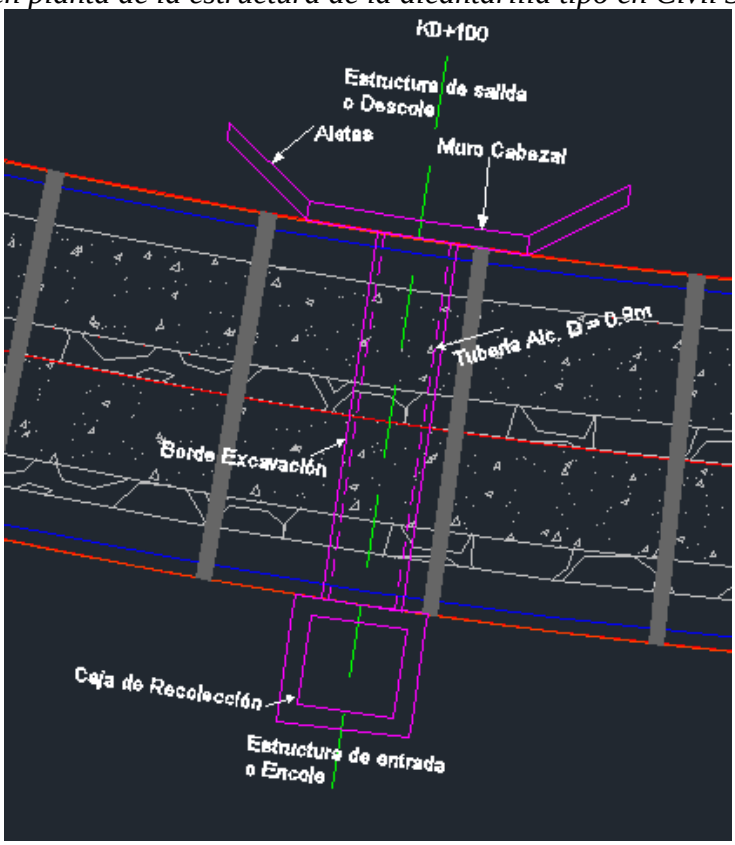
**Figura 121.** *Vista en planta estructura de la alcantarilla tipo en AutoCAD.*




En la figura 121, se puede observar una vista en planta a la estructura de la *alcantarilla tipo*, tanto de entrada como de salida, que se diseñó basado en la [11], para el drenaje transversal del pavimento en placa-huella.

En el (Apéndice M), se puede observar la localización de las alcantarillas en el perfil de la vía.

**Figura 122.** *Vista en planta de la estructura de la alcantarilla tipo en Civil 3D.*




## 10. Presupuesto de obra

El presupuesto de construcción nos ayudó a conocer el costo total del proyecto antes de ejecutarlo. Es una estimación de cantidades de trabajo que sirve para calcular el costo de cada actividad a desarrollar y completar la construcción de un proyecto.

Para realizar el presupuesto, se usaron como guía los planos de construcción realizados en el diseño geométrico y diseño estructural, se obtuvieron las cantidades de trabajo a desarrollar.

Para ejecutar la construcción del mejoramiento en placa-huella, la obra fue dividida en los siguientes capítulos: Preliminares, Movimiento de tierras y el componente de diseño de la estructura de placa-huella. Estos tres capítulos fueron organizados en el orden en el que se debe ejecutar la obra.

El capítulo de Preliminares fue para la actividad de localización y replanteo con equipo fotogramétrico, después, en el capítulo de Movimiento de tierras se desarrollaron las actividades de excavación en material común seco y retiro de material sobrante de las excavaciones. Finalmente, en el capítulo de Diseño de la estructura de placa-huella se efectuaron las actividades de disposición de la subbase, armado del acero de refuerzo longitudinal y transversal para losas, vigas riostra, berma-cuneta, bordillo y sobreanchos. Una vez armado el acero e instalada la formaleta, se procedió al vaciado de concreto en sus diferentes resistencias medidas en PSI. Por último, se realizó el conteo de cantidades para las losas de concreto ciclópeo.

En el desarrollo de las memorias de cantidades, toda la longitud de la vía se dividió en 14 tramos, en los cuales, su abscisa de inicio y final dependen si se trataba de un tramo recto o si era una curva (PC – PT). Se analizó que para hacer un conteo más exacto y ordenado de las cantidades de concreto y acero era mejor dividir la vía en esa cantidad de tramos, ya que los tramos rectos de la carretera tienen una sección definida con las dimensiones de los elementos que componen la placa-huella. En cambio, en las curvas, es dependiendo de la curva tipo a la que corresponda, según la Guía de diseño de pavimentos en placa-huella 2017, teniendo en cuenta su radio y deflexión. Las dimensiones de los elementos del pavimento varían en las curvas, sobreanchos y en las transiciones de entrada y salida de estas. Cabe resaltar, que las transiciones se realizan debido a los cambios de pendiente que hay para pasar del bombeo a los peraltes. También, para que los vehículos no se vean sorprendidos con los cambios de dimensiones de los elementos de la placa-huella mientras van entrando o saliendo de las curvas.

A continuación, en la figura 123 se puede observar el ejemplo de como se dividió la carretera en tramos para realizar el conteo de las cantidades, con sus capítulos y actividades en orden de ejecución de la obra.

**Figura 123.** *Memoria de cantidades del Tramo 1 de la vía (K0+000 – K0+039,36)*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | MEMORIA DE CANTIDADES - TRAMO 1 | | | | | |
| PROYECTO | Pavimento en placa-huella para el barrio Buenos Aires- Floridablanca | | | | | |
| | Localización: Floridablanca - Santander. | | | | Fecha: Diciembre de 2022 | |
| CAP 1 | PRELIMINARES | | | | | |
| 1.1 | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO CON EQUIPO FOTOGRAMETRICO | | | | Unidad | ml |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | K0+000 - K0+039,360 | | 39,36 | | | 39,36 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad Total | | 39,36 |
| CAP 2 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | |
| 2.1 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO | | | | Unidad | m3 |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad Total | | 0 |
| 2.2 | RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE PRODUCTO DE LAS EXACAVACUONES | | | | | |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad Total | | 0 |
| CAP. 3 | COMPONENTE DISEÑO ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA | | | | | |
| 3.1 | MATERIAL TIPO SUBBASE, INCLUYE TRANSPORTE | | | | Unidad | m3 |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | K0+000 - K0+039,360 | 1 | 39,36 | 5 | 0,2 | 39,36 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad Total | | 39,36 |
| A | PLACA - HUELLA | | | | | |
| 3.2 | SUMINISTRO E INSTALACION DE CONCRETO DE 3000 PSI | | | | Unidad | m3 |
| | Descripcion | Cantidad | Area (m2) | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 73,36 | | 0,15 | 11,004 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad Total | | 11,004 |
| 3.3 | ACERO DE REFUERZO. PARA PLACAS, VIGAS, CUNETAS Y BORDILLOS | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 - 1/4" - #2 | | | | Unidad | kg |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 191,7 | 0,251 | | 48,1167 |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | | 48,1167 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/cm2 - 1/2" - #4 | | | | Unidad | kg |
| | Descripcion | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 906 | 0,996 | | 902,376 |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | | 902,376 |
| | | | | | Cantidad Total | 950,49 |
| B | VIGA RIOSTRA 20X30 | | | | | |
| 3.2 | SUMINISTRO E INSTALACION DE CONCRETO DE 3000 PSI | | | | Unidad | m3 |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | | | 70 | 0,2 | 0,3 | 4,2 |
| | | | | | | |
| | | | | Cantidad total | | 4,2 |
| 3.3 | ACERO DE REFUERZO. PARA PLACAS, VIGAS, CUNETAS Y BORDILLOS | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 - 1/4" - #2 | | | | Unidad | kg |
| | Descripción | Longitud (m) | | | Peso | Cantidad parcial |
| | | 462 | | | 0,248 | 114,576 |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | | 114,576 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/cm2 - 1/2" - #4 | | | | Unidad | kg |
| | Descripción | Longitud (m) | | | Peso | Cantidad parcial |
| | | 280 | | | 0,994 | 278,32 |
| | | | | | | |
| | | | | Subtotal | | 278,32 |
| | | | | | Cantidad Total | 392,90 |
| C | BERMA-CUNETA Y BORDILLO | | | | | |
| 3.2 | SUMINISTRO E INSTALACION DE CONCRETO DE 3000 PSI | | | | Unidad | m3 |
| | Descripción | Area | Longitud (m) | Ancho (m) | Alto (m) | Cantidad parcial |
| | Cuneta izquierda | | 39,36 | 0,5 | 0,15 | 2,952 |
| | Cuneta derecha | | 39,36 | 0,5 | 0,15 | 2,952 |
| | Bordillo izquierdo | | 39,36 | 0,2 | 0,55 | 4,330 |
| | Bordillo derecho | | 39,36 | 0,2 | 0,55 | 4,330 |
| | | | | Cantidad Total | | 14,563 |
| 3.3 | ACERO DE REFUERZO. PARA PLACAS, VIGAS, CUNETAS Y BORDILLOS | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 - 1/4" - #2 | | | | Unidad | kg |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad parcial |
| | Cuneta izquierda | | 40,95 | 0,248 | | 10,1556 |
| | Cuneta derecha | | 40,95 | 0,248 | | 10,1556 |
| | | | | Subtotal | | 20,31 |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 - 3/8" - #3 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad parcial |
| | Bordillo izquierdo | | 140,4 | 0,56 | | 78,624 |
| | Bordillo derecho | | 140,4 | 0,56 | | 78,624 |
| | | | | Subtotal | | 157,25 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/cm2 - 1/2" - #4 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad parcial |
| | Bordillo izquierdo | | 130 | 0,994 | | 129,22 |
| | Bordillo derecho | | 130 | 0,994 | | 129,22 |
| | Cuneta izquierda | | 195 | 0,994 | | 193,83 |
| | Cuneta derecha | | 195 | 0,994 | | 193,83 |
| | | | | Subtotal | | 646,1 |
| | | | | | Cantidad Total | 823,66 |
| CAP 3. | COMPONENTE DISEÑO ESTRUCTURA DE PLACA HUELLA | | | | | |
| 3.4 | CONCRETO CICLOPEO DE 3000 PSI. 40% PIEDRA PEGADA Y 60% DE CONCRETO SIMPLE | | | | Unidad | m3 |
| | Descripción | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad parcial |
| | K0+000 - K0+033,360 | 1 | 33,36 | 1,8 | 0,15 | 9,01 |
| | K0+033,36 - K0+039,36 | 1 | 6 | 0,9 | 0,15 | 0,81 |
| | | | | Cantidad Total | | 9,82 |

Después de realizar las Memorias de cantidades de cada uno de los tramos, se desarrolló una tabla con las Memorias de cantidades totales. Allí se agruparon todos los tramos y se sumaron todas las cantidades de actividades y materiales con sus respectivas unidades para saber la totalidad de costos en cada una de las etapas que conforman la ejecución de la vía. (Apéndice N).

Las Cantidades totales, fueron agrupadas en la figura 124 para una mejor organización y desarrollo del Presupuesto oficial.

**Figura 124.** *Memoria de cantidades totales*

| MEMORIA DE CANTIDADES | | |
|---|---|---|
| PROYECTO | Propuesta vial para unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca-Santander. | |
| Localización: Santander | Febrero de 2023 | |

| TRAMO | ABSCISADO | LONGITUD |
|---|---|---|
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 39,36 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 105,24 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 73,949 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 40,81 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 46,2 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 13,152 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 14,41 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 159,84 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 18,51 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 28,43 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 51,12 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 75,14 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 22,32 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 17,01 |

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|
| CAP 1 | PRELIMINARES | | |
| 1.1 | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO CON EQUIPO FOTOGRAMÉTRICO | ml | 705,49 |
| CAP 2 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 2.1 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO | m3 | 126,17 |
| 2.2 | RETIRO MATERIAL SOBRANTE PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES | m3 | 126,17 |
| CAP 3 | COMPONENTE DISEÑO ESTRUCTURA DE PLACA-HUELLA | | |
| 3.1 | MATERIAL TIPO SUBBASE, INCLUYE TRANSPORTE | m3 | 667,64 |
| 3.2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE CONCRETO DE 3000 PSI PARA ESTRUCTURAS DE PLACA-HUELLA | m3 | 631,75 |
| 3.3 | ACERO DE REFUERZO. PARA PLACAS, RIOSTRAS, BERMA-CUNETA Y BORDILLO. | kg | 44693,37 |
| 3.4 | CONCRETO TIPO CICLOPEO DE 3000 PSI. 40% PIEDRA PEGADA Y 60% CONCRETO SIMPLE | m3 | 111,198 |

Después de obtener todas las cantidades de trabajo a ejecutar, para el desarrollo del presupuesto oficial se tuvieron en cuenta los componentes por los que esta formado. Dentro de los costos asociados a la construcción se pueden mencionar los siguientes:

*Costos Directos*

Los costos directos tienen que ver con el desarrollo de actividades directamente relacionadas a la ejecución de los trabajos. Es decir, impactan directamente en el desarrollo de la obra. Como por ejemplo: los materiales, la mano de obra, equipos o herramientas. [60]

*Costos Indirectos*

Los costos indirectos, no se generan directamente de las actividades que producen beneficios. Sin embargo, son actividades necesarias para la obra, estos son los AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad). [60]

Es importante realizar un presupuesto de obra, ya que, la estimación monetaria de un proyecto permite una adecuada planificación de los trabajos, a la vez que disminuyen las perdidas por desperdicio de materiales. [60]

A medida que se va construyendo el proyecto, es importante verificar el desempeño que se esta teniendo en la obra y realizar los ajustes correspondientes en caso de que sean necesarios.

Antes de definir el presupuesto total de la ejecución de la obra, ya calculadas las cantidades totales para cada actividad que compone el presupuesto. En las siguientes tablas se puede evidenciar los diferentes componentes para el cálculo de los valores unitarios para cada actividad del presupuesto, estos son: *Insumos* en la figura 125, *Prestaciones Sociales* en la figura 126, *Cuadrillas de obra* en la figura 127 y finalmente los *APUS* en el Apéndice (O). Ya con las unidades, cantidades y valores unitarios definidos se realizó el presupuesto total de la obra como se muestra en la figura 128.

**Figura 125.** *Insumos*

| LISTADO DE INSUMOS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OBRA: | Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca- Santander | | | | | |
| Localización: Floridablanca-Santander. | | | | | Fecha: | Junio de 2023 |

| MAQUINARIA/EQUIPOS | | | |
|---|---|---|---|
| No. | DESCRIPCIÓN | UND. | VR.UNIT. |
| 1 | Herramienta menor | % | 5% |
| 2 | Mezcladora de concreto ( capacidad 1 bulto ) | hr | $13.000 |
| 3 | Vibrador de concreto ( combustible acpm de 5000 rpm) | hr | $10.500 |
| 4 | Formaleta de 0,20x1,60 | dia | $8.500 |
| 5 | Retroexcavadora Cat 320 equivalente o superior | hr | $150.000 |
| 6 | Compactador tipo canguro ( a combustible ) | dia | $60.000 |
| 7 | Dron para fotogrametria aérea. | hr | $500.000 |
| 8 | Motoniveladora 120 | dia | $180.000 |
| 9 | Alquiler volqueta 6m3 | m3/km | $1.300 |
| | | | SUBTOTAL MAQUINARIA/EQUIPOS |

| MANO DE OBRA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | DESCRIPCIÓN | UND | JORNAL | INCRE. DIARIO X DESPLAZAMIENTO | PS (80%) | Jornal Total |
| 1 | Oficial | Jornal+PS | $62.930 | $12.586 | $113.274 | $125.860 |
| 2 | Ingeniero civil piloto de dron | Jornal+PS | $500.000 | $100.000 | $900.000 | $1.000.000 |
| 3 | Ayudante | Jornal+PS | $40.600 | $8.120 | $73.080 | $81.200 |
| 4 | M.O Albañileria -2 Ayudante -5 OFI | Jornal+PS | $265.930 | $53.186 | $478.674 | $531.860 |

| TRANSPORTES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| No | DESCRIPCIÓN | UND. | DIST. (KM) | VR. UNIT. |
| 1 | Transporte de arena lavada | m3 | 1,5 | $1.300 |
| 2 | Transporte triturado de 3/4'' | m3 | 2 | $1.300 |
| 3 | Transporte de cemento | m3 | 2 | $1,00 |
| 4 | Transporte material granular | kg/km | 4 | $1.300 |
| 5 | Transporte acero de refuerzo | m3/km | 3 | $1.000 |
| 6 | Transp. Agregados | m3/km | 1,5 | $1.300 |
| 7 | Transp. Escombrera | m3/km | 0,5 | $1.300 |

| MATERIALES | | | |
|---|---|---|---|
| No. | DESCRIPCIÓN | UND | VR.UNIT |
| 1 | Concreto 3000 psi | m3 | $334.783 |
| | Concreto 2500 psi | m3 | $306.367 |
| | Concreto 2000 psi | m3 | $282.473 |
| 2 | Concreto 1500 psi | m3 | $254.015 |
| 2 | Cemento Argos Gris 50kg ($28.500) | kg | $570 |
| 3 | Arena Gruesa 6m3 = ($130.000) | m3 | $21.600 |
| 4 | Grava de 3/4'' 6m3 = ($160.000) | m3 | $26.600 |
| 5 | Agua 1000 lt ($13.453) | Lt | $0,0135 |
| 6 | Puntilla 2 1/2'' | Lb | $4.876 |
| 7 | Material de relleno. Sin transporte | m3 | $19.425 |
| 8 | Piedra rajon 6m3 =($100.000) | m3 | $16.600 |
| 9 | Gasolina Corriente | gln | $13.000 |
| 10 | Aceite de motor 4 tiempos 1/4 gl | und | $21.000 |
| 11 | Acero de refuerzo #2 (1/4 Pulg) x 6m | kg | $4.544 |
| 12 | Acero de refuerzo #3 (3/8 Pulg) x 6m | kg | $4.211 |
| 13 | Acero de refuerzo #4 (1/2 Pulg) x 6m | kg | $4.106 |
| 14 | Alambre negro recocido 25k calibre 17 | kg | $5.996 |
| 15 | Desencofrante | kg | $14.000 |
| 16 | Curador de concreto | kg | $18.000 |
| 17 | Material de subbase (Gradación 1) | m3 | $40.000 |
| 18 | Tubo de concreto simple, hecho a compresión radial, carga de rotura 90 kn/m2, de 600m de diametro nominal (interior), unión por enchufe y campana con junta elástica, 80 mm de espesor, 2500 de longitud total, campana de 91 mm de diametro exterior y 1080 kg de peso, junta de caucho | und | $590.000 |
| 19 | Lubricante para unión de junta elástica en colector enterrado para drenaje transversal | kg | $6.500 |
| 20 | CAL | kg | $1.400 |

**Figura 126.** *Prestaciones sociales*

| DESGLOSE DEL FACTOR PRESTACIONAL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA: | Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca-Santander | | | | |
| Localización: Floridablanca-Santander. | | | | Fecha: | Junio de 2023 |
| | | | Salario Basico Mensual | | $1.160.000 |
| | | | Subsidio de transporte | | $140.000 |
| | | | Dias Festivos | 20 | |
| | | | Factor prestacional | 80% | |
| DESCRIPCIÓN | | | Campo u Oficina | Campo | |
| Salario | | Base | Formula | Valor | % |
| Salario mensual | | A | A | $1.160.000 | |
| Subsidio de transporte mensual (1) | | B | El de ley | $140.000 | |
| Salario annual con subsidio de transporte | | C | (365*A)/30 | $14.113.333 | 100% |
| Salario anual (365) | | D | C +(B/30)*(365-FESTIVOS-3) | $15.709.333 | 111% |
| PRESTACIONES | | | | | |
| Cesantia anual | | | D*(30/365) | $1.291.178 | 9,15% |
| Intereses de cesantias | | | 12% Cesantias | $154.941 | 1,10% |
| Vacaciones 3 dias | | | 0,5 * A | $580.000 | 4,11% |
| Prima | | | 1* (A+B) | $1.300.000 | 9,21% |
| OTROS COSTOS | | | | | |
| Dotacion y seguridad industrial | | | | $2.822.667 | 20% |
| SEGURIDAD SOCIAL | | | | | |
| Pensiones | | | 12% *C | $1.693.600 | 12% |
| Medicina Familiar | | | Excepcion ley 1607/2012) | - | |
| Riesgos profesionales | | | 6,96%*C (campo) | $982.288 | 6,96% |
| APORTES SENA | | | | | |
| Aporte diario | | | Excepción ley 1607/2012) | - | |
| Fondo I. de la construcción | | | C*(1 smlm/40)/ Salario mes en estudio | $352.833 | 2,5% |
| OTROS APORTES | | | | | |
| I. C. B.F | | | Excepcion ley 1607/2012) | - | |
| Subsidio familiar | | | 4%*C | $564.533 | 4,0% |
| Valor Prestaciones Sociales | | | | $11.338.041 | 80% |

**Figura 127.** *Cuadrillas de obra*

| DESGLOSE DE CUADRILLAS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA: | Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca- Santander | | | | |
| Localización: Floridablanca-Santander. | | | | Fecha: | Junio de 2023 |

| | |
|---|---|
| Salario 2023 | $1.160.000 |
| Aux. Transporte 2023 | $140.000 |
| Jornal ayudante sin prestaciones ( Incremento de 5% por obra ) | $40.600 |
| Oficial, sin prestaciones. (Incremento del 55% por obra) | $58.000 |

| MANO DE OBRA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN | UND/FACT | CANT. | JORNAL | CANT*JORNAL | INCREMENTO DIARIO POR DESPLA. (20%) | JORNAL + PREST. (80%) | JORNAL TOTAL. O VALOR UNIT |
| M. O Albañilería-2 Ayudante-5 OFI | JORNAL + PS | | $103.530 | $265.930 | $53.186 | $478.674 | $531.860 |
| Ayudante albañilería | 1 | 5 | $40.600 | $203.000 | $40.600 | $365.400 | $406.000 |
| Oficial Albañilería | 1 | 1 | $62.930 | $62.930 | $12.586 | $113.274 | $125.860 |
| | | | | | | | |
| Fotogrametría aérea | JORNAL + PS | | $500.000 | $500.000 | $100.000 | $900.000 | $1.000.000 |
| Piloto de dron | 1 | 1 | $500.000 | $500.000 | $100.000 | $900.000 | $1.000.000 |

**Figura 128.** *Presupuesto total de obra*

| PRESUPUESTO ESTIMADO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO | | | | | | |
| *Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca-Santander.* | | | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | |
| 1 | PRELIMINARES | | | | | Total |
| 1.1 | Localización y replanteo con equipo fotogramétrico | ml | 705,49 | $708,73 | $500.000 | $500.000 |
| 2 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | Total |
| 2.1 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO | m3 | 126,171 | $21.315 | $2.689.335 | $4.819.732 |
| 2.2 | RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE PRODCUTO DE LAS EXCAVACIONES | m3 | 126,171 | $16.885 | $2.130.397 | |
| 3 | DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PLACA-HUELLA. | | | | | Total |
| 3.1 | Suelo de subrasante estabilizado con cal (Incluye suministro de la cal) | kg | 500 | $1.400 | $700.000 | $801.427.597 |
| 3.2 | Conformación de la Subbase = 0,15 m ( Incluye suministro, transporte, extendido, nivelación, humedecido y compactación). | m3 | 667,64 | $101.435 | $67.722.060,26 | |
| 3.3 | Excavacion manual (B = 0.20m; H= 0,30m) para Riostras y dentellones (Incluye retiro de sobrantes, hasta escombrera y derecho a botadero) | m3 | 20,000 | $21.315 | $426.300,00 | |
| 3.4 | Concreto de 210 kg/cm2 (3000 PSI) espesor = 0,15m para placa-huella. Hecho en obra | m3 | 296,727 | $461.645 | $136.982.667,138 | |
| 3.5 | Concreto de 210 kg/cm2 (3000 PSI) para vigas y viguetas de riostras. Hecho en obra | m3 | 73,992 | $461.645 | $34.158.017,760 | |
| 3.6 | Concreto 210 kg/cm2 (3000 PSI) para Berma-cuneta e= 0,15m y Bordillo. Hecho en obra | m3 | 261,032 | $461.645 | $120.503.897,984 | |
| 3.7 | Concreto ciclópeo (2500 PSI) espesor = 0,15m 40% Piedra pegada y 60% Concreto simple. Hecho en obra | m3 | 111,198 | $213.789 | $23.772.875,573 | |
| 3.8 | Acero figurado de refuerzo 2400kg/cm2 o #2 para placas, riostras y berma-cuneta (L = 6m) | kg | 3632,7164 | $9.749 | $35.416.642 | |
| 3.9 | Acero figurado de refuerzo 2400kg/cm2 o #3 para Bordillos. (L= 6m) | kg | 2848,608 | $9.400 | $26.776.075 | |
| 3.10 | Acero figurado de refuerzo 4200kg/cm2 o #4 para placas, riostras, berma-cuneta y bordillo (L= 6m) | kg | 38212,0438 | $9.289 | $354.969.061 | |
| 4 | CONSTRUIR OBRAS DE DRENAJE CON CAJAS DE RECOLECCIÓN. | | | | | Total |
| 4.1 | Excavación manual 1,50m * 1,50m * 2,75m. | m3 | 40,5 | $21.315 | $863.258 | $29.319.743 |
| 4.2 | Concreto de baja resistencia 140 kg/cm2 (2000 PSI) para cajas de recolección. | m3 | 0,8 | $409.335 | $327.468 | |
| 4.3 | Concreto para caja de 210 kg/cm2 (3000 PSI) | m3 | 22,8 | $461.645 | $10.525.500 | |
| 4.4 | Acero figurado de refuerzo de 4200 kg/cm2 o #4 (60000 PSI) para caja. | kg | 1895 | $9.289 | $17.603.517 | |
| 5 | CONSTRUIR LAS OBRAS DE DRENAJE CON LA TUBERÍA Y CABEZALES. | | | | | Total |
| 5.1 | Excavación manual 4,5m * 2,1m * 1,6m para cabezales | m3 | 234,75 | $21.315 | $5.003.696 | $54.463.548 |
| 5.2 | Concreto resistencia 105 kg/cm2 (1500 PSI) para solados en muros y cabezales. | m3 | 4,5 | $380.877 | $1.713.947 | |
| 5.3 | Concreto para estructura muros cabezales resistencia de 210 kg/cm2 (3000 PSI) | m3 | 30,15 | $461.645 | $13.918.589 | |
| 5.4 | Acero figurado de refuerzo de 4200 kg/cm2 o #4 (60000 PSI) para caja. | kg | 873,28 | $9.289 | $8.112.295 | |
| 5.5 | Tuberia de diametro (36'' = 0,9m) para alcantarillas. | m | 40 | $642.876 | $25.715.021 | |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | $890.530.620 | |
| Adminitración | | | | 20% | $178.106.124 | |
| Imprevistos | | | | 5% | $44.526.531 | |
| Utilidad | | | | 5% | $44.526.531 | |
| IVA sobre la Utilidad | | | | 19% | $8.460.041 | |
| TOTAL COSTOS INDIRECTOS (AIU) | | | | | $267.159.186 | |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS SIN IVA | | | | | $1.157.689.806 | |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS CON IVA | | | | | $1.166.149.847 | |
| VALOR TOTAL | | | | | $1.166.149.847 | |

## 10. Conclusiones

Con la obtención de la topografía mediante fotogrametría aérea con dron, se obtuvieron ventajas como la reducción del tiempo en la obtención de los puntos y los costos del levantamiento, ya que la captura de datos con un dron es hasta cinco veces más rápida que algunos métodos terrestres, requiere menos mano de obra y proporciona datos precisos y exhaustivos.

Mediante la fotogrametría aérea se logró conocer la geometría de la vía y observar el estado de la carretera sobre la que se planteó realizar el mejoramiento en placa-huella. El plan de vuelo del dron sobre la zona de influencia de la vía generó unas fotografías que mediante la ayuda de software Agisoft, se ejecutó un modelo de elevación digital del terreno del cual se generaron las curvas de nivel necesarias para el desarrollo del diseño geométrico de la vía en AutoCAD Civil 3D.

Se determinó con los estudios de suelos basados en la sección 100 de la norma INV E 2013, las características físicas y mecánicas del material de estudio perteneciente a la capa de subrasante de la vía. Con la determinación del contenido de humedad de las muestras de suelo, se logró verificar el contenido de agua que poseía el material al ser extraído en el trabajo de campo y luego ser utilizado en los demás ensayos. Después con el ensayo de granulometría se pudo realizar la clasificación de granos según el tamaño de las partículas del material, también, conocer la permeabilidad y cohesión del suelo, siendo una práctica necesaria y fundamental antes de realizar una construcción sobre un suelo.

En los ensayos de Limites de Atterberg se contribuyó a la caracterización de la fracción fina del material de estudio. El limite líquido en conjunto con el limite plástico y el índice de plasticidad, se utilizan con otras propiedades del suelo para constituir correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, expansión,

entre otras. Con los valores de Limite líquido e Índice de plasticidad se clasificó el suelo según el método SUCS, como una Arena Arcillosa y según el método AASTHO es un suelo fino del grupo A-6 el cual tiene una descripción de un suelo arcilloso.

Con el fin de lograr un comportamiento satisfactorio de la subrasante, el suelo se compacta para mejorar sus propiedades de ingeniería. El ensayo Proctor modificado nos suministró los datos correspondientes para generar una energía de compactación óptima. Estos son el Peso unitario seco máximo (19 kN/m3) y la Humedad óptima (14%). Con estos datos obtenidos en el laboratorio, el suelo podrá alcanzar el comportamiento requerido para resistir las cargas del pavimento y de los vehículos. Por otro lado, el ensayo CBR nos permitió evaluar bajo unas condiciones de peso unitario seco y humedad obtenidas en el ensayo Proctor modificado, la resistencia potencial del material de subrasante. El CBR evalúa la capacidad portante del terreno, dando como resultado, valores expresados en porcentaje, que nos indican la calidad del suelo. En este caso, los CBR a unas profundidades de 0,1” y 0,2” fueron del 3,07% y 4,20% respectivamente, estos porcentajes nos definieron que el suelo pertenece a una categoría S2 y tiene un comportamiento Regular como subrasante.

El volumen de tránsito que generan los vehículos obtenidos del análisis de tránsito en un año es de *19252* NESE de 8.2Tn y de *385040* NESE de 8.2Tn durante los 20 años de servicio del pavimento. Por esta razón, es necesario construir un pavimento que tenga estabilidad y resistencia a las cargas del tránsito y así, poder brindar durabilidad a la carretera. La placa huella es el mejoramiento más aplicado y económico en las vías terciarias para brindar un buen nivel de servicio y comodidad a los usuarios de la vía.

Se generó un Diseño Geométrico de la carretera que permitió establecer sobre las curvas de nivel generadas en la topografía, una vía en placa-huella que se adaptara a las características y

condicionantes de la vía existente en afirmado, facilitando la accesibilidad y movilidad de los vehículos y las personas que transiten sobre la misma. Este diseño se llevó a cabo mediante un proceso iterativo, con el manejo del software Autocad Civil 3D, el cual nos brindó las herramientas necesarias para la construcción de la geometría de la carretera, compuesta por los alineamientos horizontal, vertical y las secciones transversales guardando relación entre ellos. Se tuvieron en cuenta todos los condicionantes determinados por la normativa del INVIAS para desarrollar una vía funcional, cómoda y segura para todos sus usuarios.

Se generó un Diseño Estructural en el que se establecieron las medidas de las capas de subbase y rodadura del pavimento rígido. También, se definieron los materiales y dimensiones de los elementos de los que esta compuesto todo el tramo del pavimento y el drenaje superficial, los cuales son: Concretos de 3000, 2500 y 2000 PSI, Acero figurado de refuerzo #4, #3 y #2 y piedra rajón. La disposición y medidas de todos los elementos del pavimento fue realizado en Autocad Dibujo y Anotación. En Autocad Civil 3D se obtuvieron las tablas de áreas y volúmenes para la subbase, placas de concreto, piedra pegada y berma-cuneta.

Se diseñó un sistema de drenaje para la carretera, ya que evita que el agua de las cunetas reblandezca las terracerías originando asentamientos. Además, impide la sedimentación de elementos procedentes de lugares aledaños arrastrados por la lluvia. La importancia del drenaje va en que impide que se afecten las propiedades geo mecánicas de la vía, de esta forma se evita el deterioro de la infraestructura y se mantiene la seguridad y el confort del tráfico.

## 11. Recomendaciones

Los porcentajes de CBR compactados al 95% y 100% de esta Arena Arcillosa con un porcentaje de humedad optima de compactación del 14%, son de 3,07% y 4,20% respectivamente.

Esto indica que es un suelo de comportamiento regular, por lo tanto, se recomienda realizar un mejoramiento con cal viva a la subrasante para aumentar sus propiedades mecánicas y que tenga una mejor resistencia frente a las cargas del pavimento y los vehículos. Este mejoramiento se realiza en suelos de alta plasticidad y CBR bajo, las cuales son características del suelo en estudio.

El mecanismo de falla de un pavimento con placa-huella, es igual al de una estructura compuesta por vigas y columnas, es decir, por carga última. Por esta razón dentro del estudio de tránsito la selección del vehículo de diseño es muy importante ya que de él depende el peso y configuración del eje de referencia y la adecuación geométrica que tendrá la vía para que este vehículo pueda transitar adecuadamente. Dicho lo anterior, el eje de referencia para el diseño estructural del pavimento es el eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3. El diseño debe ser tal que al transitar este vehículo no se produzcan esfuerzos sobre la placa-huella y la estructura no se fracture. Se recomienda que por este pavimento no pasen ejes con toneladas mayores a las del vehículo de diseño, ya que el pavimento llegaría a su falla por carga ultima.

Se recomienda que el espesor mínimo de la placa-huella no sea menor a 0,15m ya que este espesor garantiza el recubrimiento mínimo de las barras de acero ubicándolas en el eje central longitudinal de las losas. El refuerzo permite disminuir la fisuración, mantiene estas fisuras unidas evitando que se separen y ayuda a las placas a mantener la integridad evitando que el concreto se separe en bloques.

Se sugiere que la colocación del acero longitudinal con barras #4 cada 0.15m y el acero transversal con barras #2 cada 0,30m se respeten estas distancias con el propósito de asegurar las barras y evitar desplazamientos durante la construcción, además de proporcionar una mejor distribución de esfuerzos.

Cuando se requiera construir placas-huella con un ancho mayor a los 0,90m, como en las curvas con sobreancho y transición del sobreancho, se debe conservar el mismo acero con la misma distribución que en una franja de 0,90m de ancho. Es importante mencionar que las berma-cunetas, por ser elementos que pueden estar sujetos a las mismas cargas que la placa-huella, deben tener un refuerzo semejante a estas.

La época de invierno ha generado erosión del talud de corte de la vía. Se recomienda como trabajo complementario a este proyecto el diseño de un muro de contención para soportar las cargas ejercidas por el talud y no afectar la transitabilidad de la carretera.

**Referencias**

[1] R. Fustaino, *TECNAL, Textura y granulometría del suelo,* Acceso: 5 Junio 2023, [En línea]. Disponible: https://tecnal.com.br/es/blog/294_textura_y_granulometria_del_suelo_comprenda_esta_relacion

[2] *Manual de Diseño Geométrico del INVIAS, 1*ra ed, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Colombia, 2008. pp 1-166. Acceso: Jun, 5 2022 [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-de-norma/11313-manual-de-diseno-geometrico-de-carreteras-2008

[3] *Tipos de concreto y sus usos,* Construyendo seguro, Aceros Arequipa, 2023 Acceso: 8 Junio 2023. [En línea] Disponible: https://www.construyendoseguro.com/los-tipos-de-concreto-y-sus-usos/

[4] J. Hurtado, J. Cordova, *Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de penetración dinámica*, XI Congreso Ibero Latinoamericano de asfalto, Nov 12-16 2001, Acceso: Junio 8 2023 [En linea] Disponible: https://www.jorgealvahurtado.com/files/Capacidad%20de%20Soporte%20PDC.pdf

[5] J.J Agudelo, "Diseño Geométrico de Vías" Tesis de grado, Uni. Nac. Col. Medellín, 2022. Disponible: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf

[6] F.J Ayala Carcedo, *Manual de Ingeniería Geológica*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio de Industria y Energía, España, pp 5, Acceso: Junio 8 2023 [En línea] Disponible: https://info.igme.es/SidPDF/067000/080/67080_0001.pdf

[7] *Uso de drones en la topografía*, Aerial Insights, 2020, Acceso: Junio 10 2023, [En línea] Disponible: http://www.aerial-insights.co/

[8] J. Carvajal, M. Madariaga, Mecánica de los Suelos, Inacap, Universidad Tecnológica de Chile, 2022, pp 9-10. Acceso: Junio 15 2023, [En Línea] Disponible: https://www.studocu.com/cl/document/universidad-tecnologica-de-chile/mecanica-de-fluidos/mecanica-de-suelos-tarea-inacap-arica/34904335

[9] *Ensayo de compactación, Proctor Modificado, Caminos, canales y puertos*, Uni Poli de Mad, España, 2023. Acceso: Junio 12 2023 [En Línea] Disponible: https://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/ensayos_suelos/proctor_modificado.html

[10] J. Sánchez, *Conocimientos financieros, Economipedia*, 2022, Acceso: Junio 15 2023 [En línea] Disponible: https://economipedia.com/author/j-sanchez

[11] *Guía de diseño de pavimentos con placa-huella*, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Colombia, 2017, pp 1-88 Acceso: Mayo 1 2023 [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella

[12] *Introducción al diseño geométrico de carreteras: Concepción y planteamiento*, Universidad Politécnica de Valencia. Dpto de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, 2020, pp.2, Acceso: Sep. 6 2023. [En línea] Disponible: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16911/Introducci%C3%B3n%20al%20dise%C3%B1o%20geom%C3%A9trico%20de%20carreteras.pdf?sequence=1

[13] *Guía del programa Colombia Rural*, Ministerio de Transporte, INVIAS, DNP Bogotá, Colombia, 2019, pp 4. Acceso: Marzo 5 2023, [En Linea] Disponible:

https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/comunidadvirtual/Colombia%20rural/Cartilla%20Guia%20Colombia%20Rural.pdf

[14] *Mejoramiento de vias terciarias – Vias de tercer orden,* Departamento Nacional de Planeación (DNP) Bogota, Colombia, 2020. Acceso: Junio 15 2023 [En línea] Disponible: https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=125&Itemid=207

[15] *Decreto 2618 de 2013,* Ministerio de Transporte, Colombia, 2013. Acceso Agosto 18 2023. [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/3570-decreto-2618-2013/file

[16] A. Navas, L. Valbuena, "Diseño de una vía con pavimento tipo placa-huella según el nuevo manual de INVIAS 2017", Tesis de grado, Uni. Piloto de Colombia, Girardot, 2018 Disponible: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5686/Dise%C3%B1o%20de%20pavimento%20tipo%20Placa-Huella%20Entregable.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[17] L. Parrado, "Diseño geométrico para pavimento con placa-huella de proyecto en estudio de factibilidad cuyo objeto corresponde a mejoramiento de vias terciarias para la paz en el departamento del Meta", Tesis de grado, Uni. Cop Colombia, 2019. Disponible: https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/73d8192b-9942-4810-9bd8-870d8017e7af

[18] D. Correa, J. Suarez "Formulación del diseño geométrico y uso de la via alterna entre los municipios de la Mesa y Tena (Cundinamarca)" Tesis de grado, Uni, San, Tomas, Colombia, 2019. Disponible:

https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15513/Trabajo%20de%20GradoSUAREZCORREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[19] O. Carreño, E. Chauza, "Propuesta de diseño geométrico tipo placa huella para vía terciaria en la vereda el Hospicio del municipio de la Mesa Cundinamarca" Tesis de grado, Uni. Dist. Fransisco J. de Caldas, 2019. Disponible: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/23283

[20] L. Manrique, "Mejoramiento de vías terciarias mediante la construcción de un tramo de placa huella en la vereda alto negro del municipio de Soraca" Tesis de grado. Uni, San, Tomas, Colombia, 2021. Disponible: https://repository.usta.edu.co/handle/11634/38717

[22] Glosario de manual de diseño geométrico, INVIAS, 2013, Acceso: Mayo 20 2023. [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/42-servicios-de-informacion-al-ciudadano/glosario

[23] Ruta del Sol, Bogotá a Santa Marta. 2017. Disponible: https://regioncentralrape.gov.co/megaproyecto-para-recuperar-vias-secundarias-de-cundinamarca/

[24] Región central RAP-E. Gestión territorial Cundinamarca. 2022. Disponible: https://regioncentralrape.gov.co/megaproyecto-para-recuperar-vias-secundarias-de-cundinamarca/

[25] Gobernación de Magdalena. Vía Monter Rubio-Estación-Lleras. 2021. Disponible: https://www.gobernaciondelmagdalena.gov.co/mas-de-300-kilometros-de-vias-terciarias-seran-intervenidos-por-la-gobernacion-con-recursos-de-regalias/

[27] S. Navarro, Diseño y calculo geométrico de viales, 2017, pp 8, Acceso: Junio 10 2023, [En línea] Disponible: file:///Users/user/Downloads/Curva%20compuesta%20dos%20radios%20%20(1).pdf

[28] Diseño geométrico de la sección transversal, Caminos I, Capitulo V, pp. 1, Acceso: Oct. 20 2023, [En línea] Disponible: https://es.slideshare.net/slideshow/cap-v-diseo-de-la-seccion-transversal/62711141

[29] Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa-huella, Versión 1.0, Proyectos tipo, DNP, Mintransporte, Bog, Col, Agosto 2016, Acceso: Julio 10 2024. [En línea] Disponible: https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/placahuella/ptplacahuella.pdf

[30] Mermec, Geometría de las vías férreas 2023, Acceso: Agosto 5/2024 [En línea] Disponible: https://www.mermecgroup.com/es/inspeccionar/medici%C3%93n-de-v%C3%8Das/185/geometr%C3%ADa-de-v%C3%ADas-f%C3%A9rreas.php

[31]¿En que consiste el levantamiento topográfico?, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Colombia potencia de la vida, Acceso: Abril 15 2024 [En línea] Disponible: https://antiguo.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico

[32] Topografía y SIG, Wingtra, Suiza, 2024, Acceso: Marzo 26. 2024 [En línea] Disponible: https://wingtra.com/es/drones-aplicaciones-cartograficas/topografia-sig/

[33] Google Earth Pro. (2024). Keyhole, Inc. Junio 10, 2001. [Online]. Recuperado de: https://earth.google.com/web/@0,-9.23269995,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA

[34] Photoscan. (2021). Agisoft LLC. 2010 [Online]. Recuperado de: https://www.agisoft.com/

[35] Mejoramiento de la vía sector rural del municipio de los Santos, Santander, Estudio de Tránsito, Consultec, 2021, Acceso: Oct 15. 2024 [En línea] Disponible: https://consultec.co/servicios/

[36] Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Instituto colombiano de producciones de cemento (ICP) INVIAS, Min transporte, Med, Col, 2008, pp1-15 Acceso: 2 Enero 2023. [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file

[37] N. Cárdenas, ¿Cual es la importancia de realizar un estudio de suelos para construir?, UPTL, 15 Nov 2019, Acceso: Jul 2. 2023 [En línea] Disponible: https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir

[38] Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo agregado, Sección 100 Suelos INV E 122-13, INVIAS 2013, pp. 173, Acceso: May 4. 2023 [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[39] Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, Sección 100 Suelos Norma INV E 123-13. INVIAS 2013, pp 185, Acceso: Ene 20 2023. [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[40] C. Arias, M. Duran, Mecánica de suelos I, propiedades índice y técnicas del suelo, Facultad Ingeniería Civil, Uni. Ambato, Octubre 2023. Acceso: Feb 12, 2023. [En línea] Disponible:

https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-ambato/mecanica-de-suelos/propiedades-indices-y-tecnicas/56999241

[41] Determinación del limite liquido de los suelos, Sección 100 INVE 125 -13, INVIAS, 2013, pp 208. Acceso: Ene 20 2023, [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[42] Limite plástico e índice de plasticidad de los suelos, Sección 100 INV E 126-13, INVIAS, 2013, pp 227. Acceso: Ene 20 2023 [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[44] Relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación), Sección 100 INV E 142-13, INVIAS, 2013, pp 367 [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[45] J. Flórez. Laboratorista de suelos de la (USTA), Universidad Santo Tomas Bucaramanga, laboratorio de suelos y estructuras, 2023.

[46] CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada, INVE 148-13, INVIAS 2013, pp 403-405[En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[47] Especímenes para el ensayo, Apartado 7, norma INV E 148-13. Numeral (7.1), INVE 148-13, INVIAS 2013, pp 410, [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[48] Especímenes para el ensayo, Apartado 7, norma INV E 148-13. Numeral (7.1.2), INVE 148-13, INVIAS 2013, pp 411, [En línea] Disponible: https://inteinsapavimentos.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Unlock-SECCIO%CC%81N-100-mod_2013-NOV-15.pdf

[50] *Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022*, INVIAS, Min transporte, Uni. Nac. Bog, Uni. Quin, Capitulo 2 (Explanaciones), Artículo 236 -22, Acceso: Junio 10 2024 [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/14480-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-2022-1/file

[52] *Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022*, INVIAS, Min transporte, Uni. Nac. Bog, Uni. Quin, Tabla 320-1, Capitulo 3, (Afirmados, Subbase y Bases), Articulo 320-22, Acceso: Junio 10 2024 [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/14480-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-2022-1/file

[53] *Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022*, INVIAS, Min transporte, Uni. Nac. Bog, Uni. Quin, Tabla 320-2, Capitulo 3, (Afirmados, Subbase y Bases), Articulo 320-22, Acceso: Junio 10 2024 [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/14480-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-2022-1/file

[54] *Guía de diseño de pavimentos con placa-huella*, Diseño estructural, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Colombia, 2017, pp 35. Acceso: Abril 5 2023. [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella/file

[55] *Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras, Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje*, Generalidades, Min transporte, Uni, Nac, Oct. 2006. Bog, pág. 1, Acceso: Abril 15 2023, [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/973-manual-para-la-inspeccion-visual-de-estructuras-de-drenaje/file

[56] Rafael P, *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*, Eco ediciones, pp 10, 2013, Acceso: Nov 5 2023, [En línea] Disponible: https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Diseno-y-construccion-de-alcantarillados.pdf

[58] Plan de Ordenamiento Territorial de Floridablanca 2018-2030, Alcaldía municipal de Floridablanca, 2018, pp 16, Acceso: Ene 20 2024, [En línea] Disponible: https://es.scribd.com/document/386431315/Proyecto-de-Acuerdo-POT-Floridablanca-2018-2030

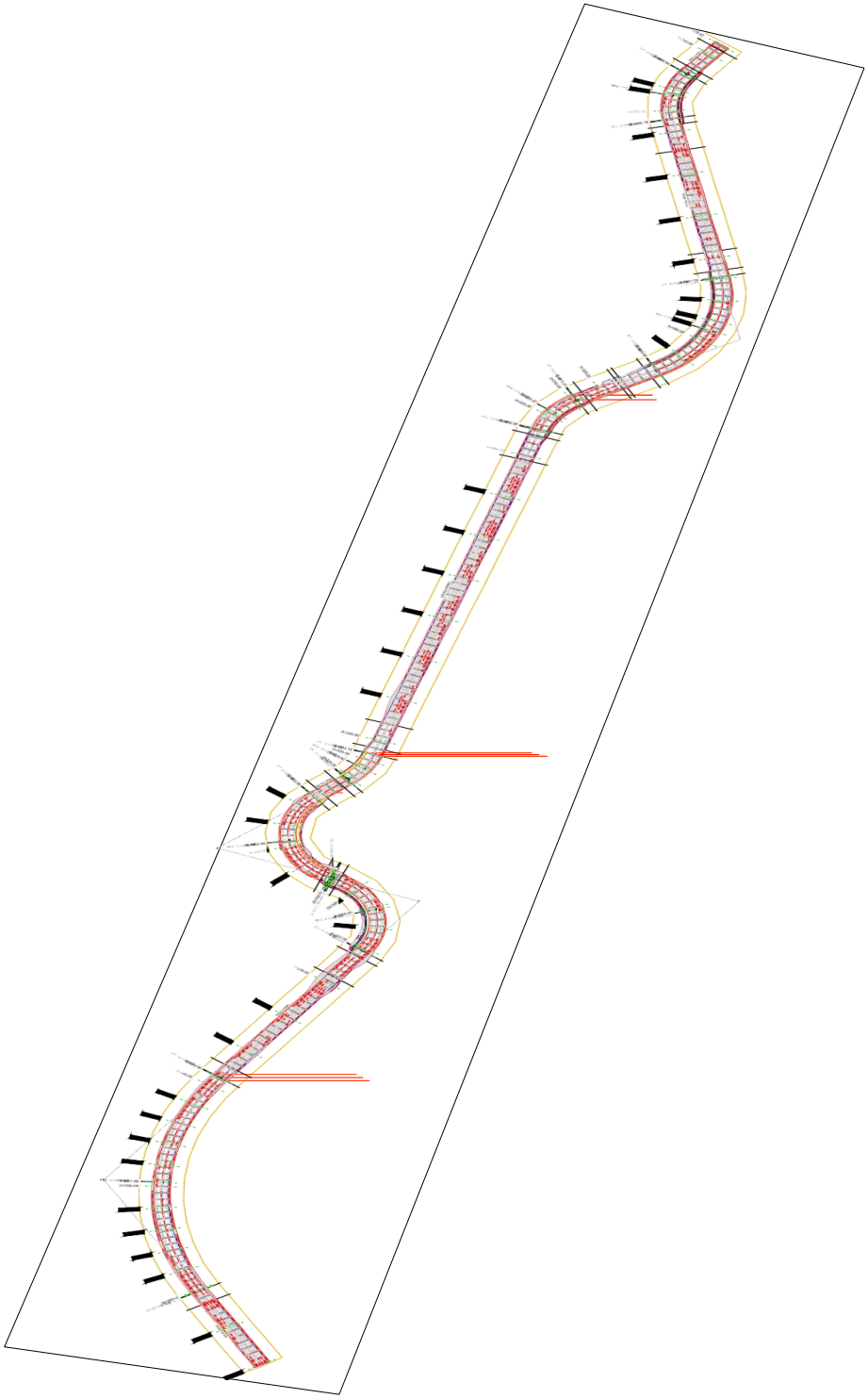
[59] *Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras, Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje*, Control de aguas superficiales, Min transporte, Uni, Nac, Oct. 2006. Bog, pág. 5-21, Acceso: Abril 15 2023, [En línea] Disponible: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/973-manual-para-la-inspeccion-visual-de-estructuras-de-drenaje/file

[60] A.B, *Presupuesto de obra: ejemplo.* Arquitecturacivil.blog. 2020, Acceso: Abr 15. 2023 [En línea] Disponible: https://arquitecturacivil.blog/arquitectura/presupuesto-de-obra-

ejemplo/#:~:text=Es%20una%20estimaci%C3%B3n%20de%20cantidades,materiales%20y%20mano%20de%20obra.

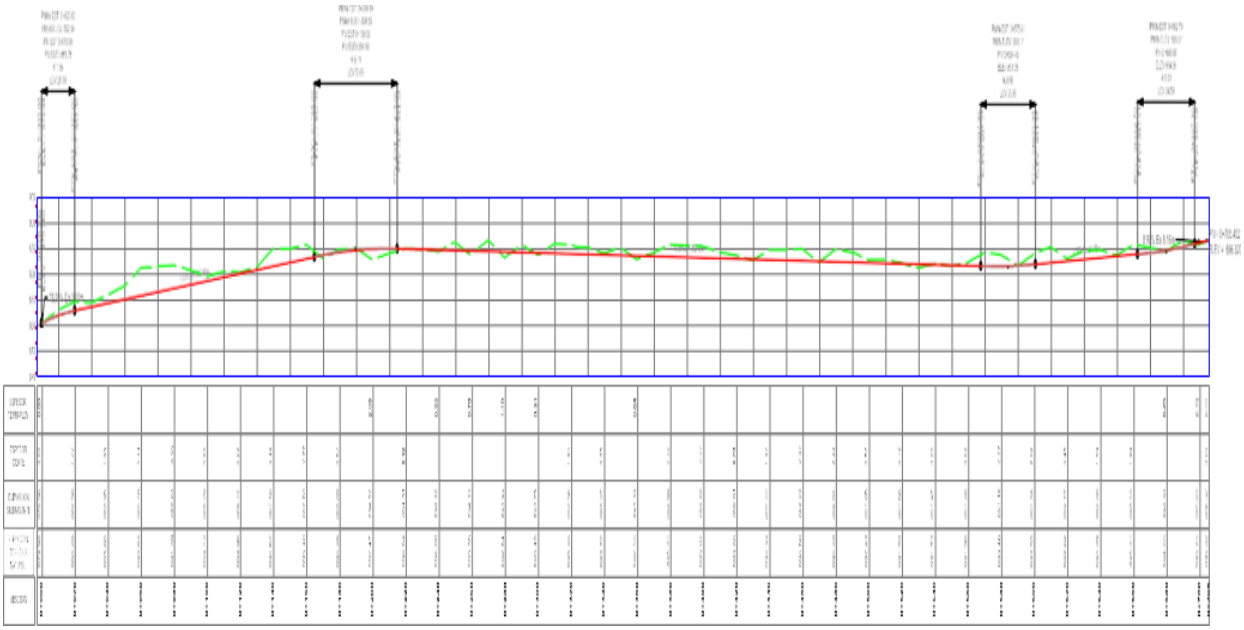
# Apéndices

**Apéndice A**. *Alineamiento horizontal*

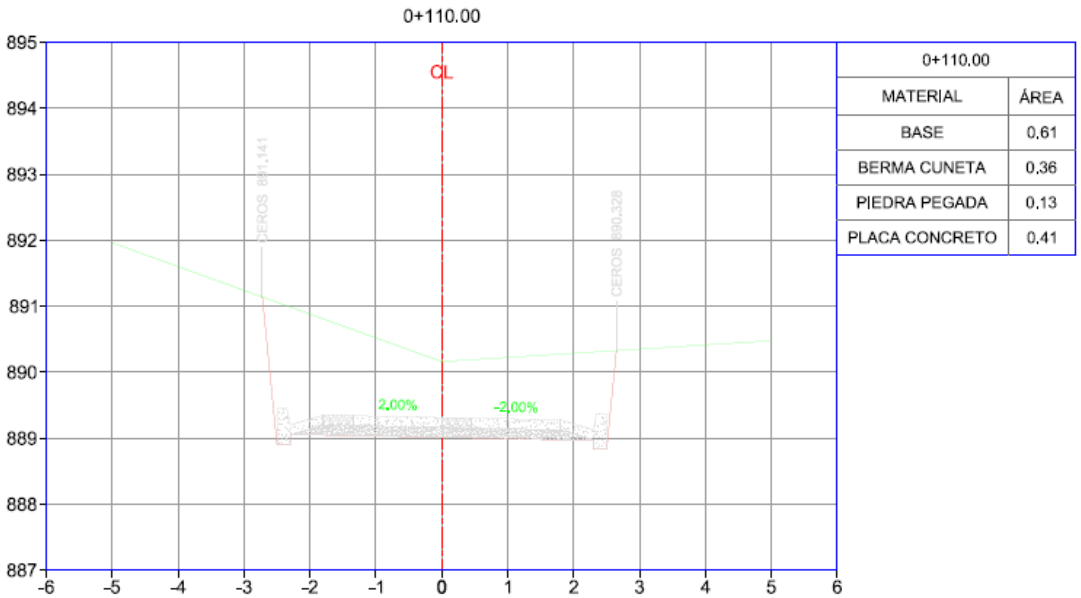


**Apéndice B.** *Alineamiento vertical*

La línea roja es la elevación de la subrasante y la line verde hace referencia a la elevación del terreno natural. El perfil de la vía presenta una tabla en la parte inferior donde se expone la información de los espesores de corte y terraplén, las elevaciones a las que se encuentra la subrasante, el terreno natural y el abscisado de la vía.



**Apéndice C.** *Secciones transversales*

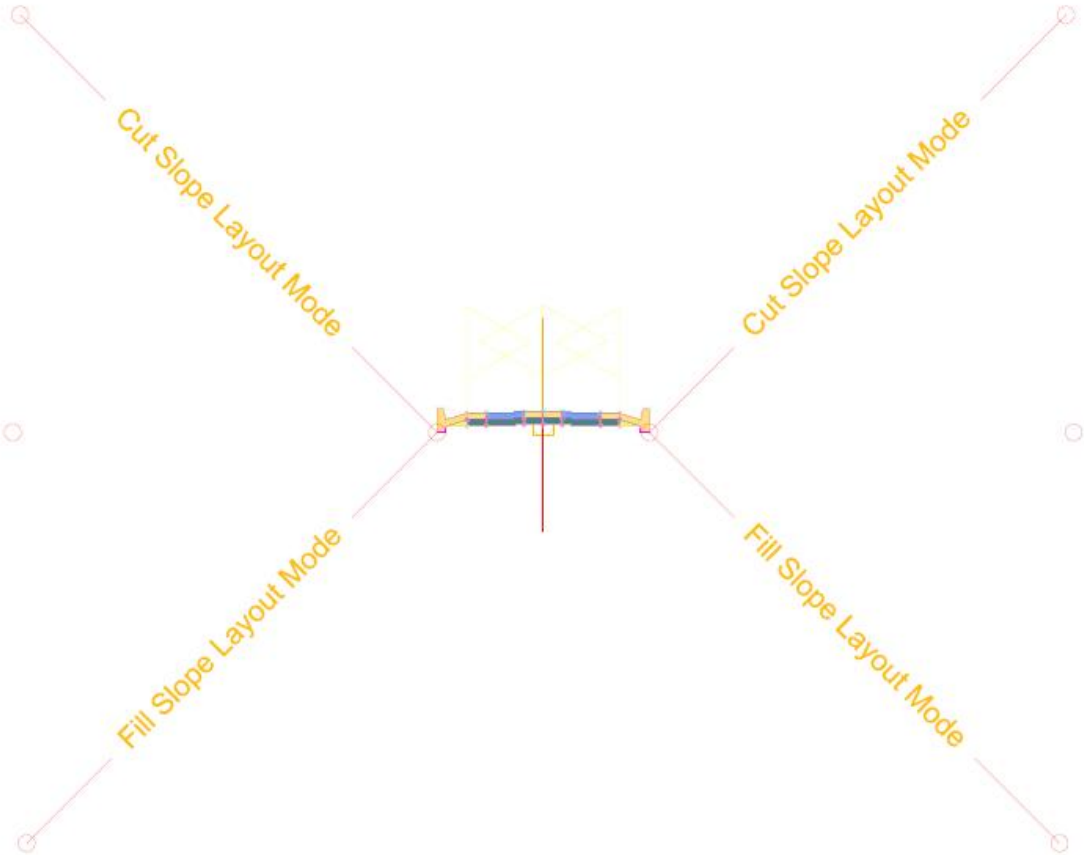



| 0+110.00 | |
|---|---|
| MATERIAL | ÁREA |
| BASE | 0.61 |
| BERMA CUNETA | 0.36 |
| PIEDRA PEGADA | 0.13 |
| PLACA CONCRETO | 0.41 |

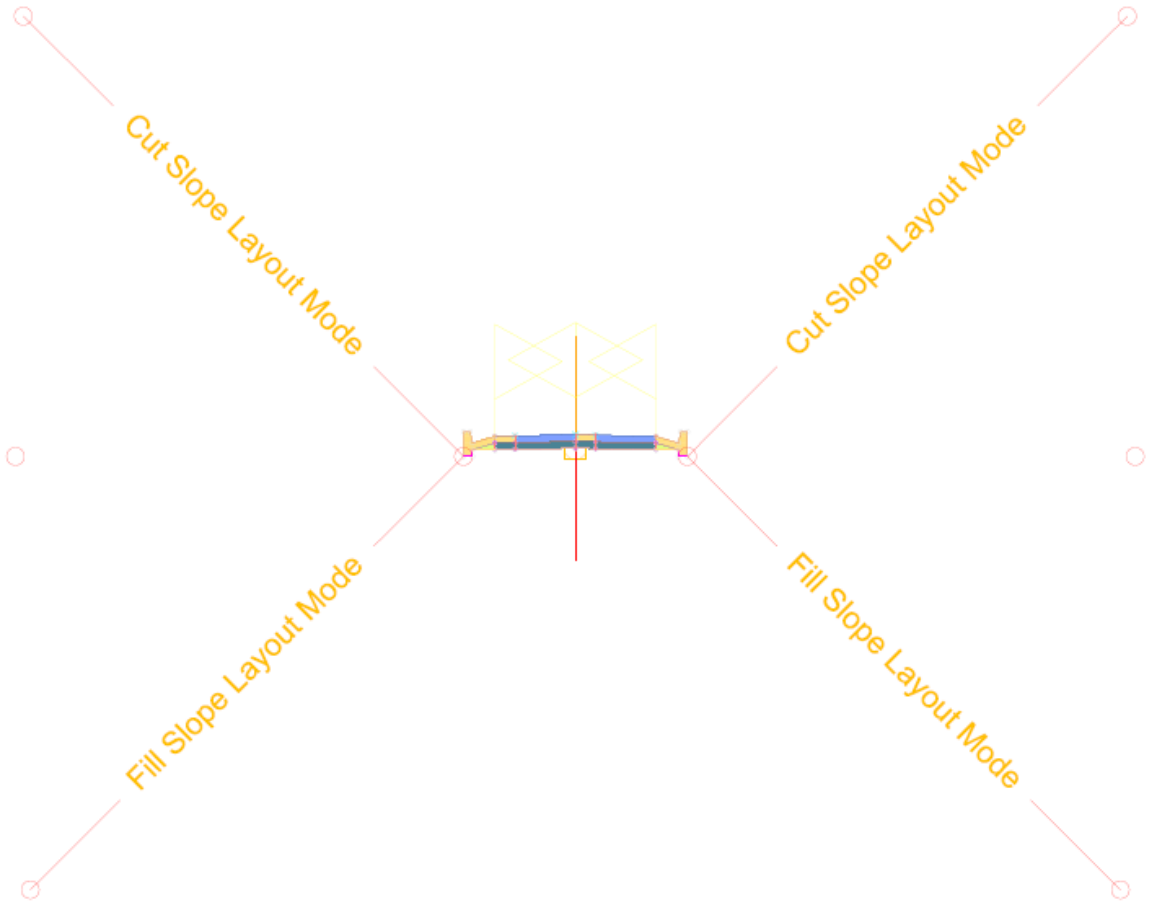
**Apéndice D.** *Cuadro construcción de eje*

| CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE EJE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lado | | Rumbo | Distancia | V | Coordenadas | |
| EST | PV | | | | Y | X |
| | | | Lc = 000.000<br>ST = 000.000 | PST=0+000.000 | 780,366.023 | 711,752.119 |
| PST=0+000.000 | PC=0+039.360 | S 60°11'8.88" W | 39.360 | PC=0+039.360 | 780,366.023 | 711,752.119 |
| PC=0+039.360 | PT=0+144.600 | N 86°18'55.08" W<br>? = 66°59'52.44" der<br>Rc = 090.000 | 105.240<br>Lc = 099.346<br>ST = 059.567 | PT=0+144.600<br>PI=0+098.927 | 780,346.454 | 711,717.968 |
| PT=0+144.600 | PC=0+218.549 | N 52°48'58.68" W | 73.949 | PC=0+218.549 | 780,352.838 | 711,618.828 |
| PC=0+218.549 | PT=0+259.113 | S 74°21'43.20" W<br>? = 105°38'36.24" izq<br>Rc = 022.000 | 040.564<br>Lc = 035.057<br>ST = 029.007 | PT=0+259.113<br>PI=0+247.555 | 780,397.531 | 711,559.913 |
| PT=0+259.113 | PC=0+259.358 | S 21°32'25.08" W | 000.246 | PC=0+259.358 | 780,388.081 | 711,526.153 |
| PC=0+259.358 | PT=0+305.558 | S 81°42'3.24" W<br>? = 120°19'16.68" der<br>Rc = 022.000 | 046.200<br>Lc = 038.167<br>ST = 038.353 | PT=0+305.558<br>PI=0+297.711 | 780,387.853 | 711,526.063 |
| PT=0+305.558 | PC=0+319.773 | N 38°8'18.24" W | 14.214 | PC=0+319.773 | 780,382.344 | 711,488.296 |
| PC=0+319.773 | PT=0+332.209 | N 52°23'20.76" W<br>? = 28°30'5.04" izq<br>Rc = 025.000 | 012.436<br>Lc = 012.308<br>ST = 006.350 | PT=0+332.209<br>PI=0+326.122 | 780,393.523 | 711,479.518 |
| PT=0+332.209 | PC=0+459.730 | N 66°38'23.28" W | 127.521 | PC=0+459.730 | 780,401.035 | 711,469.767 |
| PC=0+459.730 | PT=0+467.350 | N 76°33'46.08" W<br>? = 19°50'45.24" izq<br>Rc = 022.000 | 007.620<br>Lc = 007.582<br>ST = 003.849 | PT=0+467.350<br>PI=0+463.579 | 780,451.599 | 711,352.699 |
| PT=0+467.350 | PC=0+490.842 | N 86°29'8.52" W | 23.492 | PC=0+490.842 | 780,453.361 | 711,345.324 |
| PC=0+490.842 | PT=0+516.038 | N 57°36'49.68" W<br>? = 57°44'38.04" der<br>Rc = 025.000 | 025.196<br>Lc = 024.143<br>ST = 013.785 | PT=0+516.038<br>PI=0+504.627 | 780,454.801 | 711,321.877 |
| PT=0+516.038 | PC=0+540.385 | N 28°44'30.48" W | 24.347 | PC=0+540.385 | 780,467.732 | 711,301.489 |
| PC=0+540.385 | PT=0+591.499 | N 65°20'58.92" W<br>? = 73°12'56.88" izq<br>Rc = 040.000 | 051.114<br>Lc = 047.707<br>ST = 029.715 | PT=0+591.499<br>PI=0+570.100 | 780,489.080 | 711,289.781 |
| PT=0+591.499 | PC=0+666.640 | S 78°2'32.64" W | 75.141 | PC=0+666.640 | 780,508.977 | 711,246.422 |
| PC=0+666.640 | PT=0+688.928 | N 76°25'3.00" W<br>? = 51°4'48.36" der<br>Rc = 025.000 | 022.288<br>Lc = 021.557<br>ST = 011.946 | PT=0+688.928<br>PI=0+678.586 | 780,493.409 | 711,172.912 |
| PT=0+688.928 | PST=0+705.937 | N 50°52'39.00" W | 17.009 | PST=0+705.937 | 780,498.472 | 711,151.958 |
| LONGITUD: 705.937 m | | | | | | |

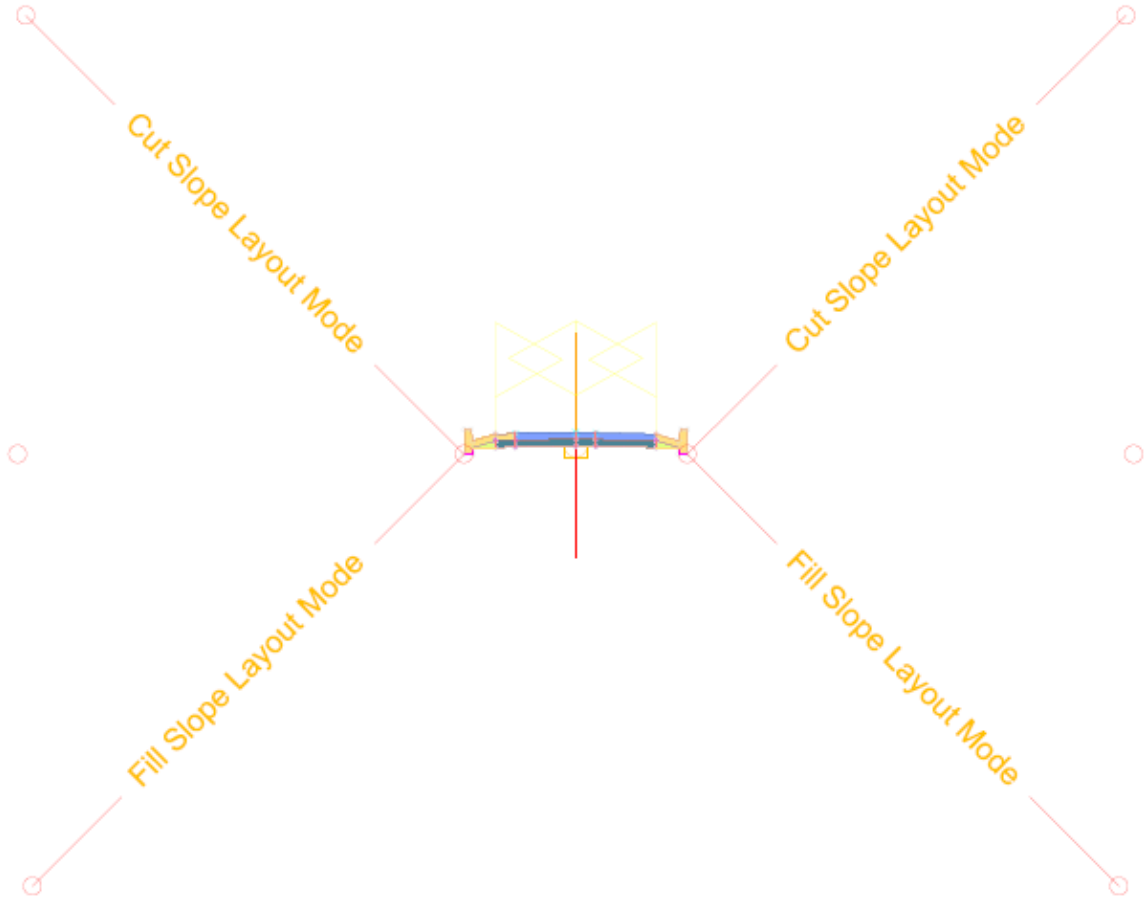
**Apéndice E.** *Sección en tangente o tramo recto*



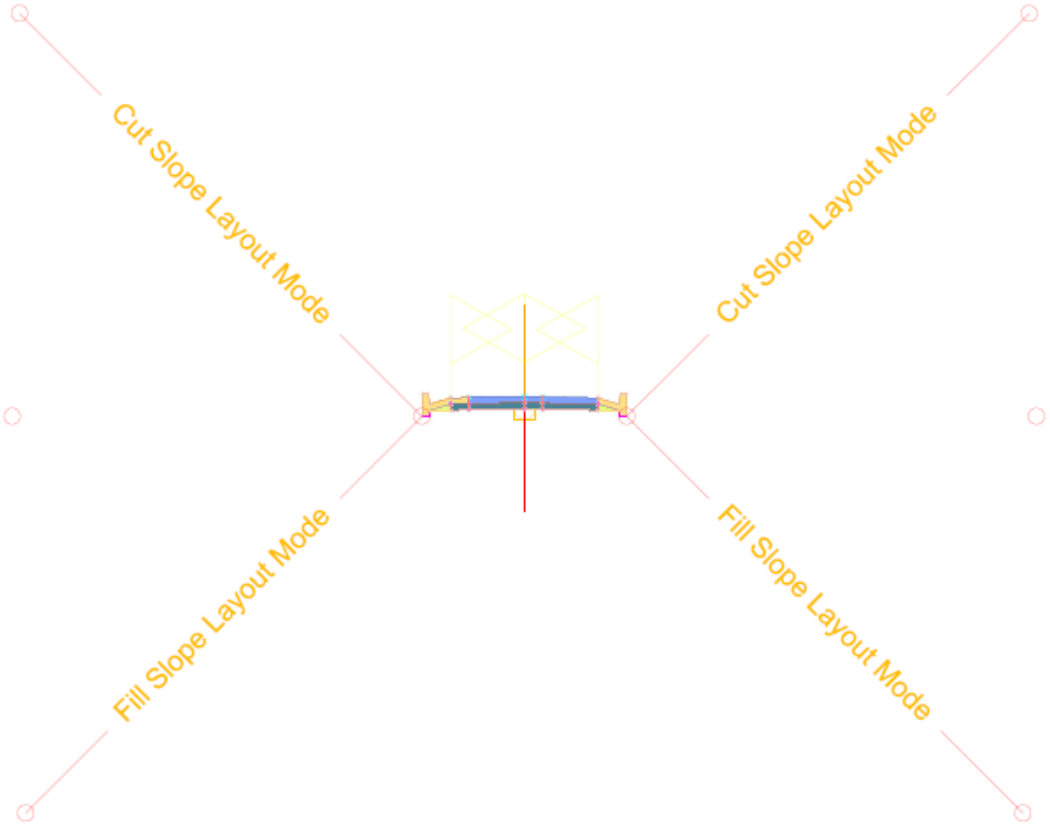
**Apéndice F**. *Sección en curvas tipo 2*



**Apéndice G.** *Sección en curvas tipo 5 y 7*



**Apéndice H.** *Sección en curvas tipo 8*



**Apéndice I.** *Área y volumen de la Sub-base*

| SUB-BASE | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACIÓN | ÁREA ($m^2$) | VOLUMEN ($m^3$) | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
| 0+000.00 | 0.61 | 0.00 | 0.00 |
| 0+020.00 | 0.62 | 12.30 | 12.30 |
| 0+039.36 | 0.61 | 11.91 | 24.21 |
| 0+040.00 | 0.62 | 0.39 | 24.60 |
| 0+050.00 | 0.61 | 6.15 | 30.75 |
| 0+060.00 | 0.62 | 6.15 | 36.90 |
| 0+070.00 | 0.62 | 6.15 | 43.05 |
| 0+080.00 | 0.62 | 6.15 | 49.20 |
| 0+090.00 | 0.62 | 6.15 | 55.35 |
| 0+091.98 | 0.62 | 1.22 | 56.57 |
| 0+100.00 | 0.61 | 4.93 | 61.50 |
| 0+110.00 | 0.61 | 6.15 | 67.65 |
| 0+120.00 | 0.62 | 6.15 | 73.80 |
| 0+130.00 | 0.62 | 6.15 | 79.95 |
| 0+140.00 | 0.61 | 6.15 | 86.10 |
| 0+144.60 | 0.61 | 2.83 | 88.93 |
| 0+160.00 | 0.62 | 9.47 | 98.40 |
| 0+180.00 | 0.61 | 12.30 | 110.70 |
| 0+200.00 | 0.62 | 12.30 | 123.00 |
| 0+218.55 | 0.86 | 13.63 | 136.63 |
| 0+220.00 | 0.86 | 1.20 | 137.83 |
| 0+230.00 | 0.86 | 8.25 | 146.07 |
| 0+238.83 | 0.86 | 7.28 | 153.35 |
| 0+240.00 | 0.86 | 0.96 | 154.32 |
| 0+250.00 | 0.86 | 8.25 | 162.57 |
| 0+259.11 | 0.86 | 7.51 | 170.08 |
| 0+259.36 | 1.14 | 0.25 | 170.33 |
| 0+260.00 | 1.08 | 0.72 | 171.04 |
| 0+270.00 | 0.86 | 9.54 | 180.58 |
| 0+280.00 | 0.86 | 8.25 | 188.83 |
| 0+282.46 | 0.85 | 2.03 | 190.85 |
| 0+290.00 | 0.86 | 6.22 | 197.07 |

| SUB-BASE | | | |
|---|---|---|---|
| 0+300.00 | 0.86 | 8.25 | 205.32 |
| 0+305.56 | 0.86 | 4.58 | 209.90 |
| 0+318.71 | 0.79 | 10.80 | 220.70 |
| 0+320.00 | 0.79 | 0.99 | 221.69 |
| 0+325.92 | 0.79 | 4.56 | 226.25 |
| 0+330.00 | 0.79 | 3.15 | 229.40 |
| 0+333.12 | 0.79 | 2.40 | 231.80 |
| 0+340.00 | 0.62 | 4.82 | 236.62 |
| 0+360.00 | 0.61 | 12.30 | 248.92 |
| 0+380.00 | 0.62 | 12.30 | 261.22 |
| 0+400.00 | 0.61 | 12.30 | 273.52 |
| 0+420.00 | 0.62 | 12.30 | 285.82 |
| 0+440.00 | 0.61 | 12.30 | 298.12 |
| 0+460.00 | 0.62 | 12.30 | 310.42 |
| 0+480.00 | 0.62 | 12.30 | 322.72 |
| 0+492.96 | 0.79 | 9.09 | 331.81 |
| 0+500.00 | 0.79 | 5.42 | 337.23 |
| 0+502.22 | 0.79 | 1.71 | 338.94 |
| 0+510.00 | 0.79 | 5.99 | 344.93 |
| 0+511.47 | 0.79 | 1.13 | 346.06 |
| 0+520.00 | 0.62 | 5.98 | 352.04 |
| 0+539.90 | 0.79 | 13.96 | 366.00 |
| 0+540.00 | 0.79 | 0.08 | 366.08 |
| 0+550.00 | 0.79 | 7.76 | 373.84 |
| 0+560.00 | 0.79 | 7.77 | 381.61 |
| 0+565.46 | 0.79 | 4.24 | 385.85 |
| 0+570.00 | 0.79 | 3.53 | 389.38 |
| 0+580.00 | 0.79 | 7.77 | 397.15 |
| 0+590.00 | 0.79 | 7.77 | 404.92 |
| 0+591.02 | 0.79 | 0.79 | 405.71 |
| 0+600.00 | 0.61 | 6.30 | 412.01 |
| 0+620.00 | 0.62 | 12.30 | 424.31 |
| 0+640.00 | 0.62 | 12.30 | 436.61 |
| 0+660.00 | 0.61 | 12.30 | 448.91 |

| SUB-BASE | | | |
|---|---|---|---|
| 0+666.16 | 0.79 | 4.32 | 453.23 |
| 0+670.00 | 0.79 | 2.96 | 456.19 |
| 0+677.30 | 0.79 | 5.62 | 461.81 |
| 0+680.00 | 0.79 | 2.08 | 463.89 |
| 0+688.44 | 0.79 | 6.50 | 470.40 |
| 0+700.00 | 0.61 | 8.10 | 478.50 |
| 0+705.45 | 0.61 | 3.35 | 481.85 |

**Apéndice J.** *Área y volumen de la placa-huella.*

| PLACA CONCRETO | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACIÓN | ÁREA ($m^2$) | VOLUMEN ($m^3$) | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
| 0+000.00 | 0.27 | 0.00 | 0.00 |
| 0+020.00 | 0.27 | 5.40 | 5.40 |
| 0+039.36 | 0.41 | 6.53 | 11.93 |
| 0+040.00 | 0.40 | 0.26 | 12.19 |
| 0+050.00 | 0.41 | 4.04 | 16.23 |
| 0+060.00 | 0.41 | 4.04 | 20.27 |
| 0+070.00 | 0.40 | 4.04 | 24.31 |
| 0+080.00 | 0.40 | 4.04 | 28.35 |
| 0+090.00 | 0.40 | 4.04 | 32.39 |
| 0+091.98 | 0.40 | 0.80 | 33.19 |
| 0+100.00 | 0.41 | 3.24 | 36.43 |
| 0+110.00 | 0.41 | 4.04 | 40.47 |
| 0+120.00 | 0.41 | 4.04 | 44.51 |
| 0+130.00 | 0.41 | 4.04 | 48.55 |
| 0+140.00 | 0.40 | 4.04 | 52.59 |
| 0+144.60 | 0.41 | 1.86 | 54.45 |
| 0+160.00 | 0.27 | 5.20 | 59.65 |
| 0+180.00 | 0.27 | 5.40 | 65.05 |
| 0+200.00 | 0.27 | 5.40 | 70.45 |
| 0+218.55 | 0.71 | 9.11 | 79.56 |
| 0+220.00 | 0.71 | 0.99 | 80.55 |
| 0+230.00 | 0.71 | 6.80 | 87.35 |
| 0+238.83 | 0.71 | 6.00 | 93.35 |
| 0+240.00 | 0.71 | 0.79 | 94.14 |
| 0+250.00 | 0.71 | 6.80 | 100.95 |
| 0+259.11 | 0.71 | 6.20 | 107.14 |
| 0+259.36 | 1.00 | 0.21 | 107.35 |
| 0+260.00 | 0.94 | 0.62 | 107.97 |
| 0+270.00 | 0.71 | 8.05 | 116.02 |
| 0+280.00 | 0.71 | 6.80 | 122.83 |
| 0+282.46 | 0.71 | 1.67 | 124.50 |
| 0+290.00 | 0.71 | 5.13 | 129.63 |
| 0+300.00 | 0.71 | 6.80 | 136.43 |
| 0+305.56 | 0.71 | 3.78 | 140.20 |
| 0+318.71 | 0.64 | 8.93 | 149.13 |
| 0+320.00 | 0.65 | 0.81 | 149.94 |
| 0+325.92 | 0.65 | 3.70 | 153.63 |
| 0+330.00 | 0.65 | 2.55 | 156.19 |
| 0+333.12 | 0.64 | 1.95 | 158.14 |
| 0+340.00 | 0.47 | 3.84 | 161.98 |

| PLACA CONCRETO | | | |
|---|---|---|---|
| 0+360.00 | 0.27 | 7.43 | 169.41 |
| 0+380.00 | 0.27 | 5.40 | 174.81 |
| 0+400.00 | 0.27 | 5.40 | 180.21 |
| 0+420.00 | 0.27 | 5.40 | 185.61 |
| 0+440.00 | 0.27 | 5.40 | 191.01 |
| 0+460.00 | 0.27 | 5.40 | 196.41 |
| 0+480.00 | 0.47 | 7.42 | 203.83 |
| 0+492.96 | 0.64 | 7.24 | 211.07 |
| 0+500.00 | 0.65 | 4.40 | 215.47 |
| 0+502.22 | 0.65 | 1.39 | 216.86 |
| 0+510.00 | 0.65 | 4.86 | 221.72 |
| 0+511.47 | 0.65 | 0.92 | 222.64 |
| 0+520.00 | 0.47 | 4.77 | 227.41 |
| 0+539.90 | 0.64 | 11.12 | 238.53 |
| 0+540.00 | 0.65 | 0.06 | 238.59 |
| 0+550.00 | 0.65 | 6.32 | 244.91 |
| 0+560.00 | 0.65 | 6.33 | 251.24 |
| 0+565.46 | 0.65 | 3.46 | 254.70 |
| 0+570.00 | 0.65 | 2.88 | 257.57 |
| 0+580.00 | 0.65 | 6.33 | 263.90 |
| 0+590.00 | 0.65 | 6.33 | 270.23 |
| 0+591.02 | 0.65 | 0.64 | 270.88 |
| 0+600.00 | 0.47 | 5.02 | 275.90 |
| 0+620.00 | 0.27 | 7.42 | 283.32 |
| 0+640.00 | 0.27 | 5.40 | 288.72 |
| 0+660.00 | 0.47 | 7.43 | 296.15 |
| 0+666.16 | 0.65 | 3.44 | 299.59 |
| 0+670.00 | 0.65 | 2.40 | 301.99 |
| 0+677.30 | 0.65 | 4.57 | 306.55 |
| 0+680.00 | 0.65 | 1.69 | 308.24 |
| 0+688.44 | 0.64 | 5.28 | 313.52 |
| 0+700.00 | 0.47 | 6.46 | 319.98 |
| 0+705.45 | 0.27 | 2.02 | 322.00 |

**Apéndice K**. *Área y volumen de la piedra pegada.*

| PIEDRA PEGADA | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACIÓN | ÁREA ($m^2$) | VOLUMEN ($m^3$) | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
| 0+000.00 | 0.27 | 0.00 | 0.00 |
| 0+020.00 | 0.27 | 5.40 | 5.40 |
| 0+039.36 | 0.13 | 3.92 | 9.32 |
| 0+040.00 | 0.13 | 0.09 | 9.41 |
| 0+050.00 | 0.13 | 1.36 | 10.77 |
| 0+060.00 | 0.14 | 1.36 | 12.13 |
| 0+070.00 | 0.14 | 1.36 | 13.49 |
| 0+080.00 | 0.13 | 1.36 | 14.85 |
| 0+090.00 | 0.14 | 1.36 | 16.21 |
| 0+091.98 | 0.14 | 0.27 | 16.48 |
| 0+100.00 | 0.13 | 1.09 | 17.57 |
| 0+110.00 | 0.13 | 1.36 | 18.93 |
| 0+120.00 | 0.13 | 1.36 | 20.29 |
| 0+130.00 | 0.14 | 1.36 | 21.65 |
| 0+140.00 | 0.14 | 1.36 | 23.01 |
| 0+144.60 | 0.13 | 0.63 | 23.63 |
| 0+160.00 | 0.27 | 3.12 | 26.75 |
| 0+180.00 | 0.27 | 5.40 | 32.15 |
| 0+200.00 | 0.27 | 5.40 | 37.55 |
| 0+218.55 | 0.07 | 3.13 | 40.68 |
| 0+220.00 | 0.07 | 0.10 | 40.79 |
| 0+230.00 | 0.07 | 0.72 | 41.51 |
| 0+238.83 | 0.07 | 0.64 | 42.15 |
| 0+240.00 | 0.07 | 0.08 | 42.23 |
| 0+250.00 | 0.07 | 0.72 | 42.96 |
| 0+259.11 | 0.07 | 0.66 | 43.62 |
| 0+259.36 | 0.07 | 0.02 | 43.63 |
| 0+260.00 | 0.07 | 0.05 | 43.68 |
| 0+270.00 | 0.07 | 0.75 | 44.43 |
| 0+280.00 | 0.07 | 0.72 | 45.15 |
| 0+282.46 | 0.07 | 0.18 | 45.33 |
| 0+290.00 | 0.07 | 0.55 | 45.88 |
| 0+300.00 | 0.07 | 0.72 | 46.60 |
| 0+305.56 | 0.07 | 0.40 | 47.00 |
| 0+318.71 | 0.07 | 0.89 | 47.89 |
| 0+320.00 | 0.07 | 0.09 | 47.98 |
| 0+325.92 | 0.07 | 0.42 | 48.41 |
| 0+330.00 | 0.07 | 0.29 | 48.70 |
| 0+333.12 | 0.07 | 0.22 | 48.92 |
| 0+340.00 | 0.07 | 0.46 | 49.39 |
| 0+360.00 | 0.27 | 3.37 | 52.76 |
| 0+380.00 | 0.27 | 5.40 | 58.16 |
| 0+400.00 | 0.27 | 5.40 | 63.56 |

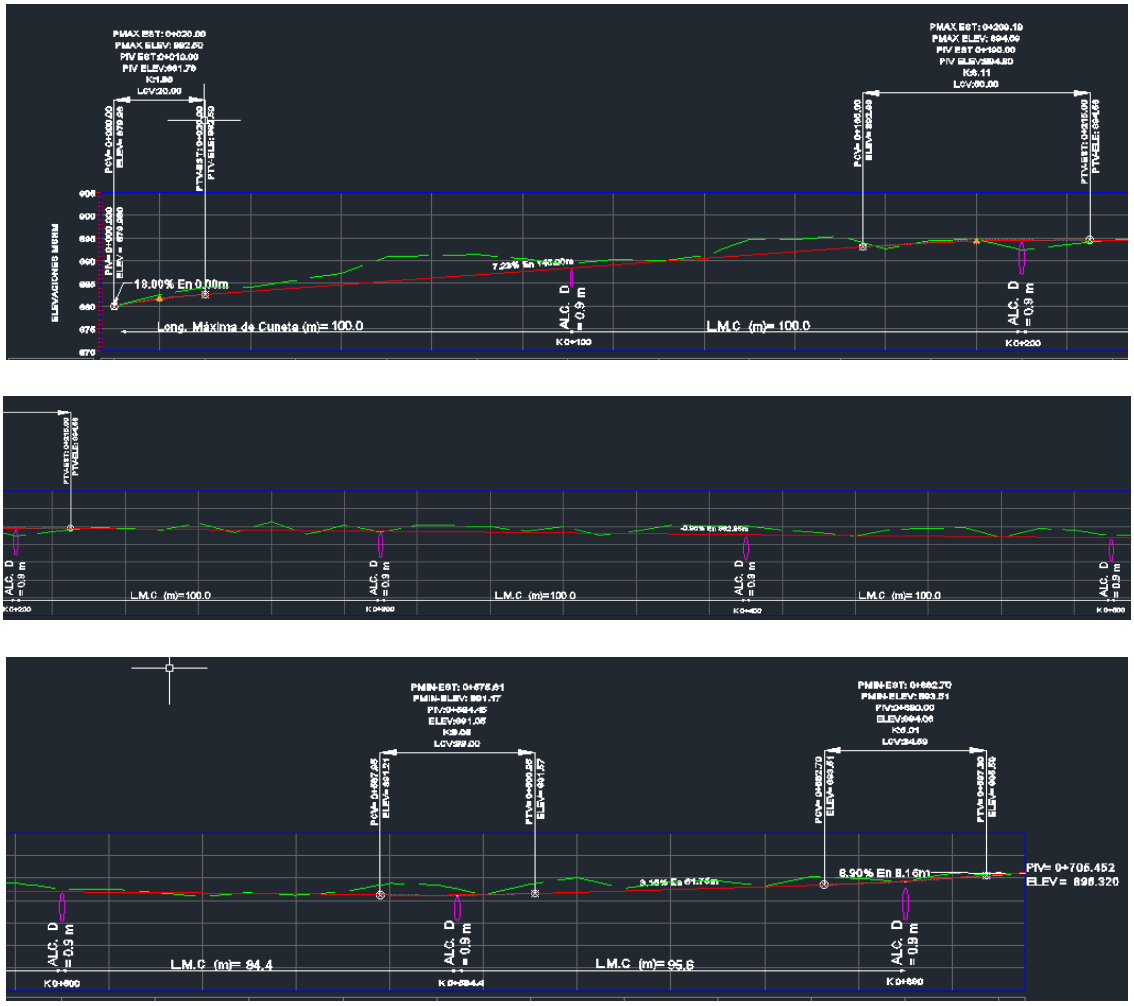
| PIEDRA PEGADA | | | |
|---|---|---|---|
| 0+420.00 | 0.27 | 5.40 | 68.96 |
| 0+440.00 | 0.27 | 5.40 | 74.36 |
| 0+460.00 | 0.27 | 5.40 | 79.76 |
| 0+480.00 | 0.07 | 3.38 | 83.14 |
| 0+492.96 | 0.07 | 0.87 | 84.01 |
| 0+500.00 | 0.07 | 0.51 | 84.52 |
| 0+502.22 | 0.07 | 0.16 | 84.68 |
| 0+510.00 | 0.07 | 0.56 | 85.23 |
| 0+511.47 | 0.07 | 0.11 | 85.34 |
| 0+520.00 | 0.07 | 0.58 | 85.92 |
| 0+539.90 | 0.07 | 1.34 | 87.26 |
| 0+540.00 | 0.07 | 0.01 | 87.27 |
| 0+550.00 | 0.07 | 0.70 | 87.97 |
| 0+560.00 | 0.07 | 0.70 | 88.67 |
| 0+565.46 | 0.07 | 0.38 | 89.05 |
| 0+570.00 | 0.07 | 0.32 | 89.37 |
| 0+580.00 | 0.07 | 0.70 | 90.07 |
| 0+590.00 | 0.07 | 0.70 | 90.77 |
| 0+591.02 | 0.07 | 0.07 | 90.85 |
| 0+600.00 | 0.07 | 0.61 | 91.45 |
| 0+620.00 | 0.27 | 3.38 | 94.83 |
| 0+640.00 | 0.27 | 5.40 | 100.23 |
| 0+660.00 | 0.07 | 3.37 | 103.60 |
| 0+666.16 | 0.07 | 0.42 | 104.02 |
| 0+670.00 | 0.07 | 0.28 | 104.29 |
| 0+677.30 | 0.07 | 0.52 | 104.82 |
| 0+680.00 | 0.07 | 0.19 | 105.01 |
| 0+688.44 | 0.07 | 0.61 | 105.62 |
| 0+700.00 | 0.07 | 0.78 | 106.40 |
| 0+705.45 | 0.27 | 0.92 | 107.32 |

**Apéndice L**. *Área y volumen de la berma-cuneta*

| BERMA CUNETA | | | |
|---|---|---|---|
| ESTACIÓN | ÁREA ($m^2$) | VOLUMEN ($m^3$) | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
| 0+000.00 | 0.36 | 0.00 | 0.00 |
| 0+020.00 | 0.36 | 7.15 | 7.15 |
| 0+039.36 | 0.36 | 6.92 | 14.07 |
| 0+040.00 | 0.36 | 0.23 | 14.30 |
| 0+050.00 | 0.36 | 3.58 | 17.88 |
| 0+060.00 | 0.36 | 3.58 | 21.45 |
| 0+070.00 | 0.36 | 3.58 | 25.03 |
| 0+080.00 | 0.36 | 3.58 | 28.60 |
| 0+090.00 | 0.36 | 3.58 | 32.18 |
| 0+091.98 | 0.36 | 0.71 | 32.88 |
| 0+100.00 | 0.36 | 2.87 | 35.75 |
| 0+110.00 | 0.36 | 3.58 | 39.33 |
| 0+120.00 | 0.36 | 3.58 | 42.90 |
| 0+130.00 | 0.36 | 3.58 | 46.48 |
| 0+140.00 | 0.36 | 3.58 | 50.05 |
| 0+144.60 | 0.36 | 1.64 | 51.69 |
| 0+160.00 | 0.36 | 5.51 | 57.20 |
| 0+180.00 | 0.36 | 7.15 | 64.35 |
| 0+200.00 | 0.36 | 7.15 | 71.50 |
| 0+218.55 | 0.36 | 6.63 | 78.13 |
| 0+220.00 | 0.36 | 0.50 | 78.63 |
| 0+230.00 | 0.36 | 3.44 | 82.08 |
| 0+238.83 | 0.36 | 3.04 | 85.12 |
| 0+240.00 | 0.36 | 0.40 | 85.52 |
| 0+250.00 | 0.36 | 3.44 | 88.96 |
| 0+259.11 | 0.36 | 3.14 | 92.10 |
| 0+259.36 | 0.36 | 0.09 | 92.19 |
| 0+260.00 | 0.36 | 0.23 | 92.42 |
| 0+270.00 | 0.36 | 3.51 | 95.93 |
| 0+280.00 | 0.36 | 3.44 | 99.37 |
| 0+282.46 | 0.36 | 0.85 | 100.22 |
| 0+290.00 | 0.36 | 2.60 | 102.82 |
| 0+300.00 | 0.36 | 3.44 | 106.26 |
| 0+305.56 | 0.36 | 1.91 | 108.18 |
| 0+318.71 | 0.36 | 4.70 | 112.88 |
| 0+320.00 | 0.36 | 0.45 | 113.33 |
| 0+325.92 | 0.36 | 2.07 | 115.39 |
| 0+330.00 | 0.36 | 1.43 | 116.82 |
| 0+333.12 | 0.36 | 1.09 | 117.91 |

| BERMA CUNETA | | | |
|---|---|---|---|
| 0+340.00 | 0.36 | 2.46 | 120.37 |
| 0+360.00 | 0.36 | 7.15 | 127.52 |
| 0+380.00 | 0.36 | 7.15 | 134.67 |
| 0+400.00 | 0.36 | 7.15 | 141.82 |
| 0+420.00 | 0.36 | 7.15 | 148.97 |
| 0+440.00 | 0.36 | 7.15 | 156.12 |
| 0+460.00 | 0.36 | 7.15 | 163.27 |
| 0+480.00 | 0.36 | 7.15 | 170.42 |
| 0+492.96 | 0.36 | 4.63 | 175.05 |
| 0+500.00 | 0.36 | 2.46 | 177.51 |
| 0+502.22 | 0.36 | 0.77 | 178.29 |
| 0+510.00 | 0.36 | 2.72 | 181.00 |
| 0+511.47 | 0.36 | 0.51 | 181.52 |
| 0+520.00 | 0.36 | 3.05 | 184.57 |
| 0+539.90 | 0.36 | 7.11 | 191.68 |
| 0+540.00 | 0.36 | 0.04 | 191.72 |
| 0+550.00 | 0.36 | 3.52 | 195.24 |
| 0+560.00 | 0.36 | 3.52 | 198.76 |
| 0+565.46 | 0.36 | 1.92 | 200.69 |
| 0+570.00 | 0.36 | 1.60 | 202.29 |
| 0+580.00 | 0.36 | 3.52 | 205.81 |
| 0+590.00 | 0.36 | 3.52 | 209.33 |
| 0+591.02 | 0.36 | 0.36 | 209.69 |
| 0+600.00 | 0.36 | 3.21 | 212.90 |
| 0+620.00 | 0.36 | 7.15 | 220.05 |
| 0+640.00 | 0.36 | 7.15 | 227.20 |
| 0+660.00 | 0.36 | 7.15 | 234.35 |
| 0+666.16 | 0.36 | 2.20 | 236.55 |
| 0+670.00 | 0.36 | 1.34 | 237.90 |
| 0+677.30 | 0.36 | 2.55 | 240.45 |
| 0+680.00 | 0.36 | 0.94 | 241.39 |
| 0+688.44 | 0.36 | 2.95 | 244.34 |
| 0+700.00 | 0.36 | 4.13 | 248.47 |
| 0+705.45 | 0.36 | 1.95 | 250.42 |

**Apéndice M.** *Localización de las alcantarillas de la placa-huella en el perfil del Diseño Geométrico.*



## **Apéndice N**. *Memoria de Cantidades Totales*

| MEMORIA DE CANTIDADES TOTALES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO: | | *Propuesta vial para unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca-Santander.* | | | | |
| **Localización: Floridablanca-Santander.** | | | | Fecha: Febrero de 2023 | | |
| **CAP. 1** | **PRELIMINARES.** | | | | | |
| **1.1** | **LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO CON EQUIPO FOTOGRAMÉTRICO** | | | | **UNIDAD** | **ML** |
| | Descripción | Cantidad | Longitud | Ancho | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 1 | 39,36 | | | 39,36 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 1 | 105,24 | | | 105,24 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 1 | 73,949 | | | 73,949 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 1 | 40,81 | | | 40,81 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 1 | 46,20 | | | 46,2 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 1 | 13,15 | | | 13,152 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 1 | 14,41 | | | 14,41 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 1 | 159,84 | | | 159,84 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 1 | 18,51 | | | 18,51 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 1 | 28,43 | | | 28,43 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 1 | 51,12 | | | 51,12 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 1 | 75,14 | | | 75,14 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 1 | 22,32 | | | 22,32 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 1 | 17,01 | | | 17,01 |
| | | | | | **Cantidad Total** | **705,49** |
| **CAP. 2** | **MOVIMIENTO DE TIERRAS** | | | | | |
| **2.1** | **EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO.** | | | | **UNIDAD** | **m3** |
| | Descripción | Volumen | Longitud | Ancho | Cantidad | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 36,73 | | | 1 | 36,729 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 41,58 | | | 1 | 41,58 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 6,4845 | | | 1 | 6,4845 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 8,3295 | | | 1 | 8,3295 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 23,004 | | | 1 | 23,004 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 10,04 | | | 1 | 10,044 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 0 | | | 1 | 0 |
| | | | | | **Cantidad Total** | **126,171** |
| **CAP. 2** | **MOVIMIENTO DE TIERRAS** | | | | | |
| **2.2** | **RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES.** | | | | **UNIDAD** | **m3** |
| | Descripción | Volumen | Longitud | Ancho | Cantidad | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 36,729 | | | 1 | 36,729 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 41,58 | | | 1 | 41,58 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 6,4845 | | | 1 | 6,4845 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 8,3295 | | | 1 | 8,3295 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 23,004 | | | 1 | 23,004 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 0 | | | 1 | 0 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 10,044 | | | 1 | 10,044 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 0 | | | 1 | 0 |
| | | | | | **Cantidad Total** | **126,171** |
| **CAP. 3** | **COMPONENTE DE DISEÑO ESTRUCTURA PLACA-HUELLA.** | | | | | |
| **3.1** | **MATERIAL TIPO BASE, INCLUYE TRANSPORTE** | | | | **UNIDAD** | **m3** |
| | Descripción | Volumen | Longitud | Ancho | Cantidad | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 39,36 | | | 1 | 39,36 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 42,156 | | | 1 | 42,156 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 73,949 | | | 1 | 73,949 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 48,16 | | | 1 | 48,1558 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 54,52 | | | 1 | 54,516 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 13,152 | | | 1 | 13,152 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 15,7069 | | | 1 | 15,7069 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 159,84 | | | 1 | 159,84 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 20,1759 | | | 1 | 20,1759 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 28,43 | | | 1 | 28,43 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 55,7208 | | | 1 | 55,7208 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 75,14 | | | 1 | 75,14 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 24,3288 | | | 1 | 24,3288 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 17,01 | | | 1 | 17,01 |
| | | | | | **Cantidad Total** | **667,6412** |

| CAP. 3 | COMPONENTE DE DISEÑO ESTRUCTURA PLACA-HUELLA. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE 3000 PSI PARA ESTRUCTURAS DE PLACA-HUELLA | | | | UNIDAD | m3 |
| A | PLACA-HUELLA. | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Area (m2) | Ancho | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 73,36 | | 0,15 | 11,00 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 281,04 | | 0,15 | 42,16 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 156,46 | | 0,15 | 23,47 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 161,87 | | 0,15 | 24,28 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 186,91 | | 0,15 | 28,04 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 22,50 | | 0,15 | 3,38 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 47,2845 | | 0,15 | 7,09 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 337,116 | | 0,15 | 50,57 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 77,7095 | | 0,15 | 11,66 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 93,51 | | 0,15 | 14,03 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 217,654 | | 0,15 | 32,65 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 176,43 | | 0,15 | 26,46 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 93,044 | | 0,15 | 13,96 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 53,3 | | 0,15 | 8,00 |
| | | | | | **Subtotal** | **296,727** |
| B | VIGA RIOSTRA 20X30 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Ancho | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 70 | 0,2 | 0,3 | 4,20 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 175 | 0,2 | 0,3 | 10,50 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 120 | 0,2 | 0,3 | 7,20 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 82,60 | 0,2 | 0,3 | 4,96 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 94,40 | 0,2 | 0,3 | 5,66 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 20,00 | 0,2 | 0,3 | 1,20 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 27,25 | 0,2 | 0,3 | 1,64 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 270 | 0,2 | 0,3 | 16,20 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 32,7 | 0,2 | 0,3 | 1,96 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 50 | 0,2 | 0,3 | 3,00 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 92,65 | 0,2 | 0,3 | 5,56 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 125 | 0,2 | 0,3 | 7,50 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 43,6 | 0,2 | 0,3 | 2,62 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 30 | 0,2 | 0,3 | 1,80 |
| | | | | | **Subtotal** | **73,992** |
| C | BERMA-CUNETA Y BORDILLO | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Ancho | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | | | | 14,56 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | | | | 38,94 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | | | | 27,36 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | | | | 15,10 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | | | | 17,09 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | | | | 4,87 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | | | | 5,33 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | | | | 59,14 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | | | | 6,85 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | | | | 10,52 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | | | | 18,91 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | | | | 27,80 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | | | | 8,26 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | | | | 6,29 |
| | | | | | **Subtotal** | **261,032** |
| | | | | | **Cantidad Total de Concreto 3000 PSI** | **631,751** |

| CAP. 3 | COMPONENTE DE DISEÑO ESTRUCTURA PLACA-HUELLA. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.3 | ACERO DE REFUERZO PARA PLACAS, VIGAS, CUNETAS Y BORDILLOS. | | | | UNIDAD | KG |
| A | PLACA-HUELLA. | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 1/4 - #2 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 191,7 | 0,248 | | 47,54 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 756 | 0,248 | | 187,49 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 447,2 | 0,248 | | 110,91 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 421,20 | 0,248 | | 104,46 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 518,40 | 0,248 | | 128,56 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 365,00 | 0,248 | | 90,52 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 148,5 | 0,248 | | 36,83 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 877,5 | 0,248 | | 217,62 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 148,5 | 0,248 | | 36,83 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 265,95 | 0,248 | | 65,96 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 504 | 0,248 | | 124,99 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 483,3 | 0,248 | | 119,86 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 222,75 | 0,248 | | 55,24 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 162 | 0,248 | | 40,18 |
| | | | | | Subtotal | 1366,976 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/m2 - #4 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 906 | 0,994 | | 900,56 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 3150 | 0,994 | | 3131,10 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 1885 | 0,994 | | 1873,69 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 1625,00 | 0,994 | | 1615,25 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 2000,00 | 0,994 | | 1988,00 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 89,10 | 0,994 | | 88,57 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 600 | 0,994 | | 596,40 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 3780 | 0,994 | | 3757,32 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 780 | 0,994 | | 775,32 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 1080 | 0,994 | | 1073,52 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 2040 | 0,994 | | 2027,76 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 2040 | 0,994 | | 2027,76 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 900 | 0,994 | | 894,60 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 660 | 0,994 | | 656,04 |
| | | | | | Subtotal | 21405,889 |
| B | VIGA RIOSTRA 20X30 | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 1/4 - #2 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 462 | 0,248 | | 114,58 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 1155 | 0,248 | | 286,44 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 792 | 0,248 | | 196,42 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 462,00 | 0,248 | | 114,58 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 495,00 | 0,248 | | 122,76 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 165,00 | 0,248 | | 40,92 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 165 | 0,248 | | 40,92 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 1749 | 0,248 | | 433,75 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 198 | 0,248 | | 49,10 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 330 | 0,248 | | 81,84 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 392,4 | 0,248 | | 97,32 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 825 | 0,248 | | 204,60 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 264 | 0,248 | | 65,47 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 198 | 0,248 | | 49,10 |
| | | | | | Subtotal | 1897,795 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/cm2 1/2 - #4 | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 280 | 0,994 | | 278,32 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 700 | 0,994 | | 695,80 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 480 | 0,994 | | 477,12 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 330,40 | 0,994 | | 328,42 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 354,00 | 0,994 | | 351,88 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 100,00 | 0,994 | | 99,40 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 109 | 0,994 | | 108,35 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 1060 | 0,994 | | 1053,64 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 130,8 | 0,994 | | 130,02 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 200 | 0,994 | | 198,80 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 594 | 0,994 | | 590,44 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 500 | 0,994 | | 497,00 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 174,4 | 0,994 | | 173,35 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 120 | 0,994 | | 119,28 |
| | | | | | Subtotal | 5101,804 |
| C | BERMA-CUNETA Y BORDILLO | | | | | |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 1/4 - #2 (Berma-cuneta) | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 81,9 | 0,248 | | 20,31 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 220,5 | 0,248 | | 54,68 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 157,5 | 0,248 | | 39,06 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 85,05 | 0,248 | | 21,09 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 97,65 | 0,248 | | 24,22 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 25,20 | 0,248 | | 6,25 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 31,5 | 0,248 | | 7,81 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 333,9 | 0,248 | | 82,81 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 40,95 | 0,248 | | 10,16 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 59,85 | 0,248 | | 14,84 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 107,1 | 0,248 | | 26,56 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 157,5 | 0,248 | | 39,06 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 47,25 | 0,248 | | 11,72 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 37,8 | 0,248 | | 9,37 |
| | | | | | Subtotal | 367,945 |
| | Acero de refuerzo 2400 kg/cm2 3/8 - #3 (Bordillo) | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | 280,8 | 0,56 | | 157,25 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | 756 | 0,56 | | 423,36 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | 540 | 0,56 | | 302,40 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | 291,60 | 0,56 | | 163,30 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | 334,80 | 0,56 | | 187,49 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | 86,40 | 0,56 | | 48,38 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | 108 | 0,56 | | 60,48 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | 1144,8 | 0,56 | | 641,09 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | 140,4 | 0,56 | | 78,62 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | 205,2 | 0,56 | | 114,91 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | 367,2 | 0,56 | | 205,63 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | 540 | 0,56 | | 302,40 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | 162 | 0,56 | | 90,72 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | 129,6 | 0,56 | | 72,58 |
| | | | | | Subtotal | 2848,608 |
| | Acero de refuerzo 4200 kg/cm2 1/2 - #4 (Berma-cuneta y Bordillo) | | | | | |
| | Descripción | Cantidad | Longitud (m) | Peso (kg/m) | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | | | 0,994 | | 646,10 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | | | 0,994 | | 1739,50 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | | | 0,994 | | 1242,50 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | | | 0,994 | | 670,95 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | | | 0,994 | | 770,35 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | | | 0,994 | | 198,80 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | | | 0,994 | | 248,50 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | | | 0,994 | | 2634,10 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | | | 0,994 | | 323,05 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | | | 0,994 | | 472,15 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | | | 0,994 | | 844,90 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | | | 0,994 | | 1242,50 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | | | 0,994 | | 372,75 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | | | 0,994 | | 298,20 |
| | | | | | Subtotal | 11704,350 |
| | | | | | Total Acero #2 | 3632,716 |
| | | | | | Total Acero #3 | 2848,608 |
| | | | | | Total Acero #4. | 38212,044 |

| CAP. 3 | COMPONENTE DE DISEÑO ESTRUCTURA PLACA-HUELLA. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.4 | CONCRETO TIPO CICLÓPEO DE 3000 PSI | | | | UNIDAD | m3 |
| | Descripción | Cantidad | Volumen (m3) | Longitud | Alto | Cantidad Parcial |
| TRAMO 1 | K0+000 - K0+039,360 | 1 | | | | 9,82 |
| TRAMO 2 | K0+039,360 + K0+144,60 | 1 | | | | 14,21 |
| TRAMO 3 | K0+144,600 - K0+218,549 | 1 | | | | 16,12 |
| TRAMO 4 | K0+218,549 - K0+259,358 | 1 | | | | 2,75 |
| TRAMO 5 | K0+259,358 - K0+ 305,558 | 1 | | | | 3,12 |
| TRAMO 6 | K0+ 305,558 - K0+ 318,71 | 1 | | | | 2,34 |
| TRAMO 7 | K0+ 318,71 - K0+333,12 | 1 | | | | 0,97 |
| TRAMO 8 | K0+333,12 - K0+492,96 | 1 | | | | 37,08 |
| TRAMO 9 | K0+492,96 - K0+511,47 | 1 | | | | 1,25 |
| TRAMO 10 | K0+511,47 - K0+539,90 | 1 | | | | 2,21 |
| TRAMO 11 | K0+539,90 - K0+591,02 | 1 | | | | 3,45 |
| TRAMO 12 | K0+591,02 - K0+666,16 | 1 | | | | 14,82 |
| TRAMO 13 | K0+666,12 - K0+ 688,44 | 1 | | | | 1,51 |
| TRAMO 14 | K0+ 688,44 - K0+ 705,45 | 1 | | | | 1,56 |
| | | | | | Subtotal | 111,198 |
| | | | | | Total Concreto Simple | 66,719 |
| | | | | | Total Piedra Pegada | 44,479 |

## **Apéndice O.** *Análisis de precios unitarios (APUS)*

**ANALISIS DE PRESIOS UNITARIOS**

OBRA: **Propuesta vial para la unión del barrio Buenos Aires con la avenida 45a Floridablanca-Piedecuesta en el municipio de Floridablanca- Santander**

Localización: Floridablanca-Santander. Fecha: Junio de 2023

| CAPITULO | BASICOS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | CONCRETO DE 1500 PSI | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $39.107 | $1.955 |
| 2 | Mezcladora de conceto (capacidad 1 bulto) | HR | 1,7 | $13.000 | $22.100 |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $24.055 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$24.055** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cemento gris | kg | 210 | 5% | $570 | $125.685 |
| | arena gruesa | m3 | 0,5 | 3% | $21.600 | $11.124 |
| | triturado de 3/4" o grava | m3 | 1 | 3% | $26.600 | $27.398 |
| | agua | Lt | 160 | | $0,0135 | $2 |
| | gasolina corriente | gln | 1,5 | 3% | $13.000 | $20.085 |
| | aceite de motor 4 tiempos - 1/4 gln | und | 0,1 | | $21.000 | $2.100 |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $186.394 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$186.394** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Transporte de arena lavada | m3 | 0,515 | 2 | $1.300 | $1.339 |
| | Transporte de triturado de 3/4 | m3 | 1,03 | 2 | $1.300 | $2.678 |
| | Transporte cemento | m3 | 220,5 | 2 | $1 | $441 |
| | | | | | Subototal transporte | $4.458 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$4.458** |

Mano de obra

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 13,6 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $9.254 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 5 | 13,6 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $29.853 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $39.107 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$39.107** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$254.015** |

| CAPITULO | BASICOS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | CONCRETO DE 2000 PSI | M3 |

Equipos/Herramientas

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $39.107 | $1.955 |
| 2 | Mezcladora de conceto (capacidad 1 bulto) | HR | 1,7 | $13.000 | $22.100 |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $24.055 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$24.055** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cemento gris | kg | 260 | 5% | $570 | $155.610 |
| | arena gruesa | m3 | 0,63 | 3% | $21.600 | $14.016 |
| | triturado de 3/4" o grava | m3 | 0,84 | 3% | $26.600 | $23.014 |
| | agua | Lt | 170 | | $0,0135 | $2 |
| | gasolina corriente | gln | 1,5 | 3% | $13.000 | $20.085 |
| | aceite de motor 4 tiempos - 1/4 gln | und | 0,1 | | $21.000 | $2.100 |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $214.828 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$214.828** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Transporte de arena lavada | m3 | 0,6489 | 2 | 1300 | 1687,14 |
| | Transporte de triturado de 3/4 | m3 | 0,8652 | 2 | 1300 | 2249,52 |
| | Transporte cemento | m3 | 273 | 2 | 1 | 546 |
| | | | | | Subototal transporte | 4482,66 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **4482,66** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 13,6 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $9.254 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 5 | 13,6 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $29.853 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $39.107 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$39.107** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$282.473** |

| CAPITULO | BASICOS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | CONCRETO DE 2500 PSI | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $39.107 | $1.955 |
| 2 | Mezcladora de conceto (capacidad 1 bulto) | HR | 1,7 | $13.000 | $22.100 |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $24.055 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$24.055** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cemento gris | kg | 300 | 5% | $570 | $179.550 |
| | arena gruesa | m3 | 0,48 | 3% | $21.600 | $10.679 |
| | triturado de 3/4" o grava | m3 | 0,96 | 3% | $26.600 | $26.302 |
| | agua | Lt | 170 | | $0,0135 | $2.2870 |
| | gasolina corriente | gln | 1,5 | 3% | $13.000 | $20.085 |
| | aceite de motor 4 tiempos - 1/4 gln | und | 0,1 | | $21.000 | $2.100 |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $238.718 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$238.718** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Transporte de arena lavada | m3 | 0,4944 | 2 | $1.300 | 1285,44 |
| | Transporte de triturado de 3/4 | m3 | 0,9888 | 2 | $1.300 | 2570,88 |
| | Transporte cemento | m3 | 315 | 2 | $1 | 630 |
| | | | | | Subototal transporte | $4.486 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$4.486** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 13,6 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $9.254 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 5 | 13,6 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $29.853 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $39.107 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$39.107** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$306.367** |

| CAPITULO | BASICOS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | CONCRETO DE 3000 PSI | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $39.107 | $1.955 |
| 2 | Mezcladora de conceto (capacidad 1 bulto) | HR | 1,7 | $13.000 | $22.100 |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $24.055 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$24.055** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cemento gris | kg | 350 | 5% | $570 | $209.475 |
| | arena gruesa | m3 | 0,56 | 3% | $21.600 | $12.459 |
| | triturado de 3/4" o grava | m3 | 0,84 | 3% | $26.600 | $23.014 |
| | agua | Lt | 180 | | $0,0135 | $2,422 |
| | gasolina corriente | gln | 1,5 | 3% | $13.000 | $20.085 |
| | aceite de motor 4 tiempos - 1/4 gln | und | 0,1 | | $21.000 | $2.100 |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $267.136 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$267.136** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Transporte de arena lavada | m3 | 0,5768 | 2 | $1.300 | $1.500 |
| | Transporte de triturado de 3/4 | m3 | 0,8652 | 2 | $1.300 | $2.250 |
| | Transporte cemento | m3 | 367,5 | 2 | $1 | $735 |
| | | | | | Subototal transporte | $4.484 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$4.484** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 13,6 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $9.254 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 5 | 13,6 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $29.853 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $39.107 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$39.107** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$334.783** |

| CAPITULO | MOVIMEINTO DE TIERRAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN SECO A MANO | | | | | | | | m3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | | | | | UNID | REND. | VR UNIT | VR. PARCIAL |
| 1 | Herramienta menor | | | | | % | 5% | $20.300 | $1.015 |
| | | | | | | | | Subtotal equipos y herramientas | $1.015 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado eqiupos y herramientas** | **$1.015** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | - | | | | | - | 0 | $-- | $-- |
| | | | | | | | | **Subtotal materiales/insumos** | $-- |
| | | | | | | | | **Valor redondeado de materiales/insumos** | $-- |
| **Transportes** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | | | | UND | CANT/PESO/VOL | KM. | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
| | | | | | - | | | 0 | $-- |
| | | | | | | | | **Subtotal Transportes** | $-- |
| | | | | | | | | **Valor redondeado Transportes** | $-- |
| **Mano de Obra** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO. | JORNAL | PS(80%) | INCREM. | JORNAL+PS | VR. PARCIAL |
| | Ayudante | JORNAL +PS | 5 | 20 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $20.300 |
| | | | | | | | | Subototal mano de obra | $20.300 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$20.300** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$21.315** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Administración | 29% | $6.181 |
| | | | | | | | | Imprevistos | 1% | $213 |
| | | | | | | | | Utilidad | 5% | $1.066 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | | 0% | -- |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$7.460** |
| | | | | | | | | **COSTO TOTAL** | | **$28.775** |

| CAPITULO | MOVIMEINTO DE TIERRAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES. INCLUYE TRANSPORTE | | | | | | | | m3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | | | | | UNID | REND. | VR UNIT | VR. PARCIAL |
| 1 | Herramienta menor | | | | | % | 5% | -- | $- |
| | RETROEXCAVADORA CAT 320 EQUIVALENTE O SUPERIOR | | | | | hr | 25 | $150.000 | $6.000 |
| | | | | | | | | Subtotal equipos y herramientas | $6.000 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado eqiupos y herramientas** | **$6.000** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | - | | | | | - | 0 | $-- | $-- |
| | | | | | | | | **Subtotal materiales/insumos** | $-- |
| | | | | | | | | **Valor redondeado de materiales/insumos** | $-- |
| **Transportes** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | | | | UND | CANT/PESO/VOL | KM. | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
| | ALQUIER VOLQETA 6 m3 | | | | m3/km | 1,05 | 5 | $1.300 | $6.825 |
| | | | | | | | | **Subtotal Transportes** | $6.825 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado Transportes** | $6.825 |
| **Mano de Obra** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO. | JORNAL | PS(80%) | INCREM. | JORNAL+PS | VR. PARCIAL |
| | Operador equipo | JORNAL +PS | 1 | 20 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $4.060 |
| | | | | | | | | Subototal mano de obra | $4.060 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$4.060** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$16.885** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Administración | 29% | $4.897 |
| | | | | | | | | Imprevistos | 1% | $169 |
| | | | | | | | | Utilidad | 5% | $844 |
| | | | | | | | | IVA sobre la utilidad | 0% | -- |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$5.910** |
| | | | | | | | | **COSTO TOTAL** | | **$22.795** |

| CAPITULO | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MATERIAL TIPO SUB-BASE, INCLUYE TRANSPORTE | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | | | | | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
| 1 | Herramienta menor | | | | | % | 5% | $14.413 | $721 |
| 2 | Compactador tipo saltarin (a combustible) | | | | | dia | 0,14 | $60.000 | $8.400 |
| | Motoniveladora 120 | | | | | dia | 20 | $180.000 | $9.000 |
| | | | | | | | | Subtotal equipos/herramientas | $18.121 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$18.121** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | | | | | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
| | Material Subbase (Gradacion 1) | | | | | m3 | 1,3 | 0% | $40.000 | $52.000 |
| | Agua | | | | | Lt | 100 | 0% | $0,0135 | $1,345 |
| | | | | | | | | | Subtotal materiales/insumos | $52.001 |
| | | | | | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$52.001** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | | | | | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
| | Transporte material granular | | | | | km | 1,3 | 10 | $1.300 | $16.900 |
| | | | | | | | | | Subototal transporte | $16.900 |
| | | | | | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$16.900** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 20 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $6.293 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 20 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $8.120 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $14.413 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$14.413** |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$101.435** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Administración | 29% | $29.416 |
| | | | | | | | | Imprevistos | 1% | $1.014 |
| | | | | | | | | Utilidad | 5% | $5.072 |
| | | | | | | | | IVA sobre la utilidad | 0% | |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$35.502** |
| | | | | | | | | **COSTO TOTAL** | | **$136.937** |

| CAPITULO | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE 1500 PSI | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $24.631 | | $1.232 |
| 2 | Formaleta de 0,20*1,60 | | | | dia | 10 | $8.500 | | $85.000 |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $86.232 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$86.232** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Concreto de 1500 PSI | | | | m3 | 1 | 0% | $254.015 | $254.015 |
| | Desencofrante Separon N | | | | kg | 0,5 | 0% | $14.000 | $7.000 |
| | Curador de concreto (Anti sol rojo base agua) | | | | kg | 0,5 | 0% | $18.000 | $9.000 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $270.015 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$270.015** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $0 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$0** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.391 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 3 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $16.240 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $24.631 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$24.631** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$380.877** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $110.454 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $3.809 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $19.044 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$133.307** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$514.184** |

| CAPITULO | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE 2000 PSI | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $24.631 | | $1.232 |
| 2 | Formaleta de 0,20*1,60 | | | | dia | 10 | $8.500 | | $85.000 |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $86.232 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$86.232** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Concreto de 2000 PSI | | | | m3 | 1 | 0% | $282.473 | $282.473 |
| | Desencofrante Separon N | | | | kg | 0,5 | 0% | $14.000 | $7.000 |
| | Curador de concreto (Anti sol rojo base agua) | | | | kg | 0,5 | 0% | $18.000 | $9.000 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $298.473 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$298.473** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $0 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$0** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.391 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 3 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $16.240 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $24.631 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$24.631** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$409.335** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $118.707 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $4.093 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $20.467 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$143.267** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$552.603** |

| CAPITULO | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE 2500 PSI | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $24.631 | | $1.232 |
| 2 | Formaleta de 0,20*1,60 | | | | dia | 10 | $8.500 | | $85.000 |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $86.232 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$86.232** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Concreto de 2500 PSI | | | | m3 | 1 | 0% | $306.367 | $306.367 |
| | Desencofrante Separon N | | | | kg | 0,5 | 0% | $14.000 | $7.000 |
| | Curador de concreto (Anti sol rojo base agua) | | | | kg | 0,5 | 0% | $18.000 | $9.000 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $322.367 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$322.367** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $0 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$0** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.391 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 3 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $16.240 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $24.631 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$24.631** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$433.230** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $125.637 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $4.332 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $21.661 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$151.630** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$584.860** |

| CAPITULO | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONCRETO DE 3000 PSI | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $24.631 | | $1.232 |
| 2 | Formaleta de 0,20*1,60 | | | | dia | 10 | $8.500 | | $85.000 |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $86.232 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$86.232** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Concreto de 3000 PSI | | | | m3 | 1 | 0% | $334.783 | $334.783 |
| | Desencofrante Separon N | | | | kg | 0,5 | 0% | $14.000 | $7.000 |
| | Curador de concreto (Anti sol rojo base agua) | | | | kg | 0,5 | 0% | $18.000 | $9.000 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $350.783 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$350.783** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $0 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$0** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.391 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 3 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $16.240 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $24.631 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$24.631** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$461.645** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $133.877 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $4.616 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $23.082 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$161.576** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$623.220** |

| cc | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | ACERO DE REFUERZO 4200 KG/CM2 o #4 | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $1.441 | $72 |
| 2 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $72 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$72** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Acero 4200 kg/cm2 o #4 | kg | 1 | 5% | $4.106 | $4.311 |
| | Alambre negro recocido 25k calibre 17 | kg | 0,05 | 5% | $5.996 | $315 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $4.626 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$4.626** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tranporte acero de refuerzo 4200kg/cm2 o #4 | kg/km | 1,05 | 3 | $1.000 | $3.150 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subototal transporte | $3.150 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$3.150** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 200 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $629,300 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 200 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $812,000 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $1.441 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$1.441** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$9.289** |

**COSTOS INDIRECTOS**

| | | |
|---|---|---|
| Administración | 29% | $2.694 |
| Imprevistos | 1% | $93 |
| Utilidad | 5% | $464 |
| IVA sobre la utilidad | 0% | |
| **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$3.251** |

| | |
|---|---|
| **COSTO TOTAL** | **$12.541** |

| cc | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | ACERO DE REFUERZO 2400 KG/CM2 o #3 | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $1.441 | $72 |
| 2 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $72 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$72** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Acero 2400 kg/cm2 o #3 | kg | 1 | 5% | $4.211 | $4.422 |
| | Alambre negro recocido 25k calibre 17 | kg | 0,05 | 5% | $5.996 | $315 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $4.736 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$4.736** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tranporte acero de refuerzo 4200kg/cm2 o #4 | kg/km | 1,05 | 3 | $1.000 | $3.150 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subototal transporte | $3.150 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$3.150** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 200 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $629,300 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 200 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $812,000 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $1.441 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$1.441** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$9.400** |

**COSTOS INDIRECTOS**

| | | |
|---|---|---|
| Administración | 29% | $2.726 |
| Imprevistos | 1% | $94 |
| Utilidad | 5% | $470 |
| IVA sobre la utilidad | 0% | |
| **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$3.290** |

| | |
|---|---|
| **COSTO TOTAL** | **$12.690** |

| cc | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | UNIDAD |
|---|---|---|
| | ACERO DE REFUERZO 2400 KG/CM2 o #2 | M3 |

**Equipos/Herramientas**

| | DESCRIPCIÓN | UND | REND | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Herramienta menor | % | 5% | $1.441 | $72 |
| 2 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | Subtotal equipos/herramientas | $72 |
| | | | | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | **$72** |

**Materiales/Insumos**

| | DESCRIPCION | UND | CANT | DESP. (%) | VR. UNIT | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Acero 2400 kg/cm2 o #2 | kg | 1 | 5% | $4.544 | $4.771 |
| | Alambre negro recocido 25k calibre 17 | kg | 0,05 | 5% | $5.996 | $315 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subtotal materiales/insumos | $5.086 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | **$5.086** |

**Transporte**

| | DESCRIPCION | UND | CANT/PESO/VOL | KM | PRECIO/KM | VR PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tranporte acero de refuerzo 4200kg/cm2 o #4 | kg/km | 1,05 | 3 | $1.000 | $3.150 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Subototal transporte | $3.150 |
| | | | | | **Valor redondeado subtotal tranporte** | **$3.150** |

**Mano de obra**

| | DESCRIPCION | UNID | CANT | RDTO | JORNAL | PS (80%) | INCREM. | JORNAL + PS | VR. PARCIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 200 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $629,300 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 200 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $812,000 |
| | | | | | | | | Subtotal mano de obra | $1.441 |
| | | | | | | | | **Valor redondeado mano de obra** | **$1.441** |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO** | **$9.749** |

**COSTOS INDIRECTOS**

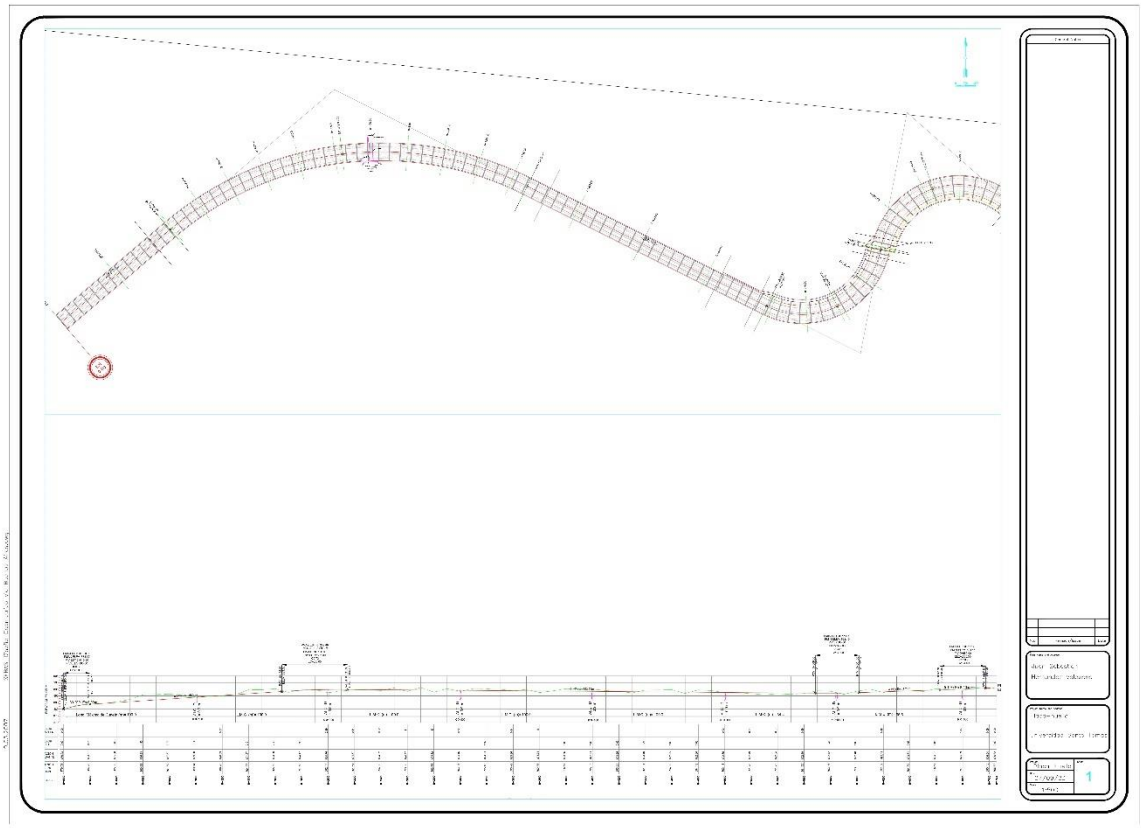
| | | |
|---|---|---|
| Administración | 29% | $2.827 |
| Imprevistos | 1% | $97 |
| Utilidad | 5% | $487 |
| IVA sobre la utilidad | 0% | |
| **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | **$3.412** |

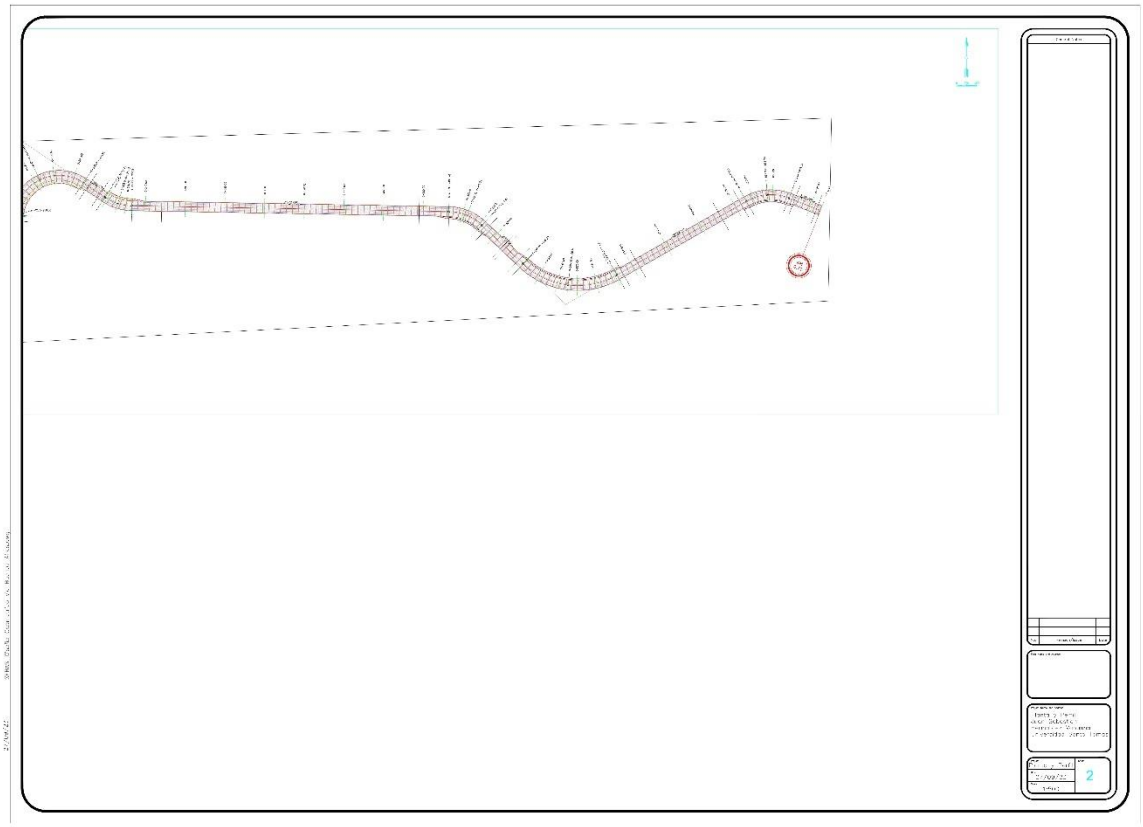
| | |
|---|---|
| **COSTO TOTAL** | **$13.162** |

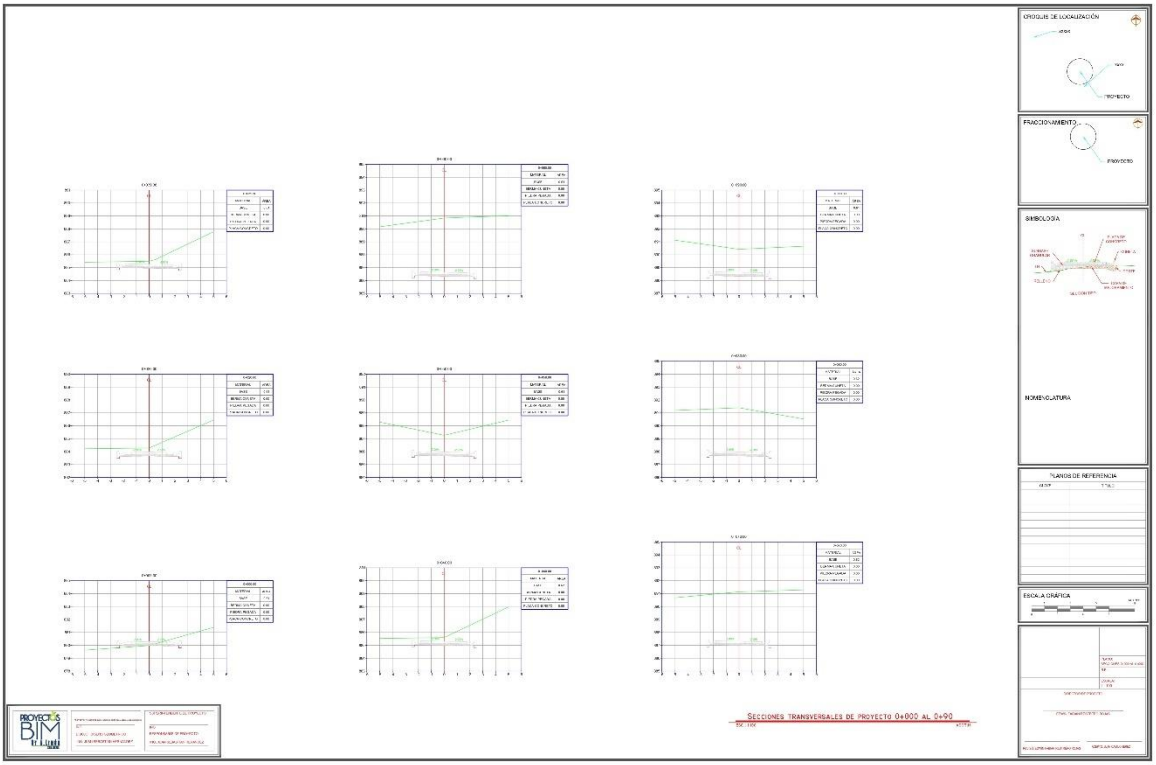
| cc | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CONCRETO TIPO CICLOPEO DE 2500 PSI - 60% CONCRETO Y 40% PIEDRA PEGADA | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $19.217 | | $961 |
| 2 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $961 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$961** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Concreto de 2500 PSI | | | | m3 | 0,6 | 0% | $306.367 | $183.820 |
| | Piedra Rajon | | | | m3 | 0,4 | 0% | $16.600 | $6.640 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $190.460 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$190.460** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | Tranporte acero de refuerzo 4200kg/cm2 o #4 | | | | kg/km | 1,05 | 3 | $1.000 | $3.150 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $3.150 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$3.150** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.390,667 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $10.826,667 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $19.217 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$19.217** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$213.789** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $61.999 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $2.138 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $10.689 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$74.826** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$288.615** |

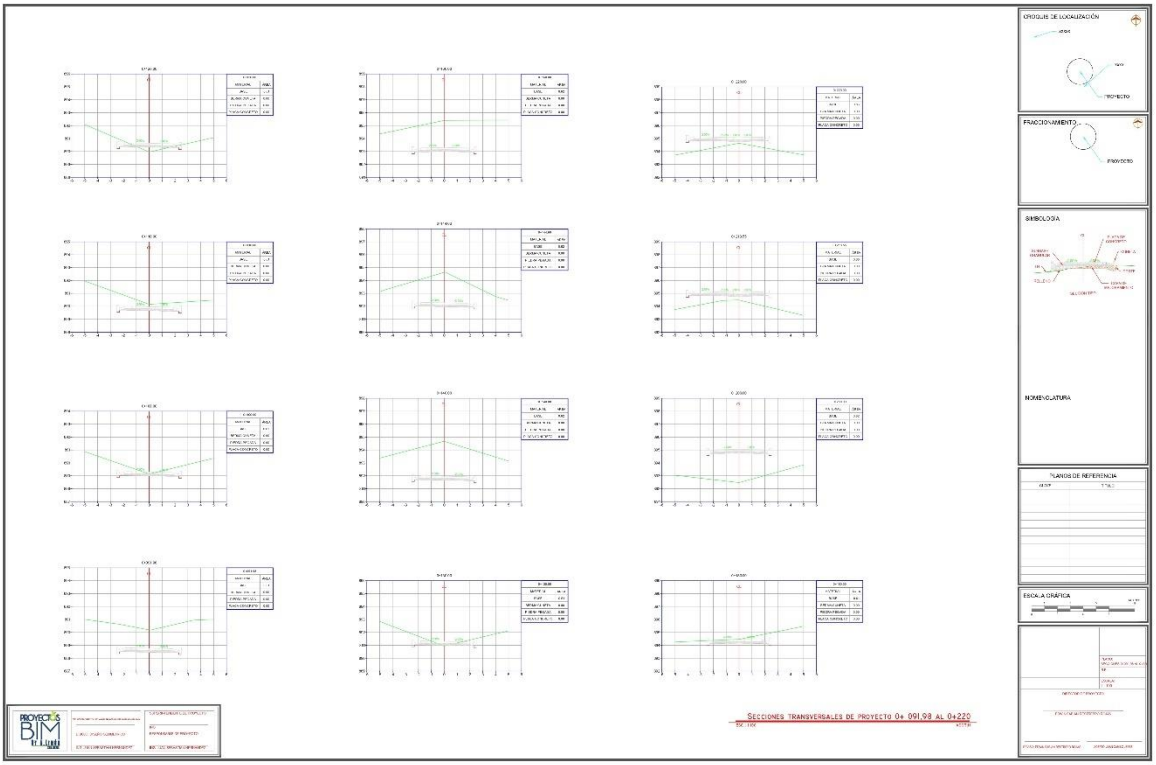
| cc | COMPONENTE DISEÑO DE ESTRUCTURAS | | | | | | | | UNIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA EN CONCRETO, DIAMETRO 36'' | | | | | | | | M3 |
| **Equipos/Herramientas** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCIÓN** | | | | **UND** | **REND** | **VR. UNIT** | | **VR PARCIAL** |
| 1 | Herramienta menor | | | | % | 5% | $19.217 | | $961 |
| 2 | Retroexcavadora Cat Equivalente o Superior | | | | | 0,18 | $150.000 | | |
| | Alquiler Volqueta 6m3 | | | | | 0,05 | $1.300 | | |
| | Subtotal equipos/herramientas | | | | | | | | $961 |
| | **Valor redondeado subtotal de equipos/herramientas** | | | | | | | | **$961** |
| **Materiales/Insumos** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT** | **DESP. (%)** | **VR. UNIT** | **VR PARCIAL** |
| | Tubo de concreto simple, hecho a compresión radial, carga de rotura 90 kn/m2, de 600m de diametro | | | | und | 1 | 0% | $590.000 | $590.000 |
| | Lubricante para union de juntas elastica en colector enterrado de saneamiento | | | | kg | 0,2 | 0% | $6.500 | $1.300 |
| | Concreto 200 PSI | | | | m3 | 0,1 | | $282.473 | $28.247 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subtotal materiales/insumos | | | | | | | | $619.547 |
| | **Valor redondeado subtotal de materiales /insumos** | | | | | | | | **$619.547** |
| **Transporte** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | | | | **UND** | **CANT/PESO/VOL** | **KM** | **PRECIO/KM** | **VR PARCIAL** |
| | | | | | kg/km | 1,05 | 3 | $1.000 | $3.150 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Subototal transporte | | | | | | | | $3.150 |
| | **Valor redondeado subtotal tranporte** | | | | | | | | **$3.150** |
| **Mano de obra** | | | | | | | | | |
| | **DESCRIPCION** | **UNID** | **CANT** | **RDTO** | **JORNAL** | **PS (80%)** | **INCREM.** | **JORNAL + PS** | **VR. PARCIAL** |
| | Oficial | Jornal +PS | 1 | 15 | $62.930 | $113.274 | $12.586 | $125.860 | $8.390,667 |
| | Ayudante | Jornal +PS | 2 | 15 | $40.600 | $73.080 | $8.120 | $81.200 | $10.826,667 |
| | Subtotal mano de obra | | | | | | | | $19.217 |
| | **Valor redondeado mano de obra** | | | | | | | | **$19.217** |
| | | | | | | | | | |
| | **TOTAL COSTO DIRECTO** | | | | | | | | **$642.876** |
| **COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Administración | | | | | | | 29% | $186.434 |
| | Imprevistos | | | | | | | 1% | $6.429 |
| | Utilidad | | | | | | | 5% | $32.144 |
| | IVA sobre la utilidad | | | | | | | 0% | |
| | **TOTAL COSTOS INDIRECTOS** | | | | | | | | **$225.006** |
| | **COSTO TOTAL** | | | | | | | | **$867.882** |

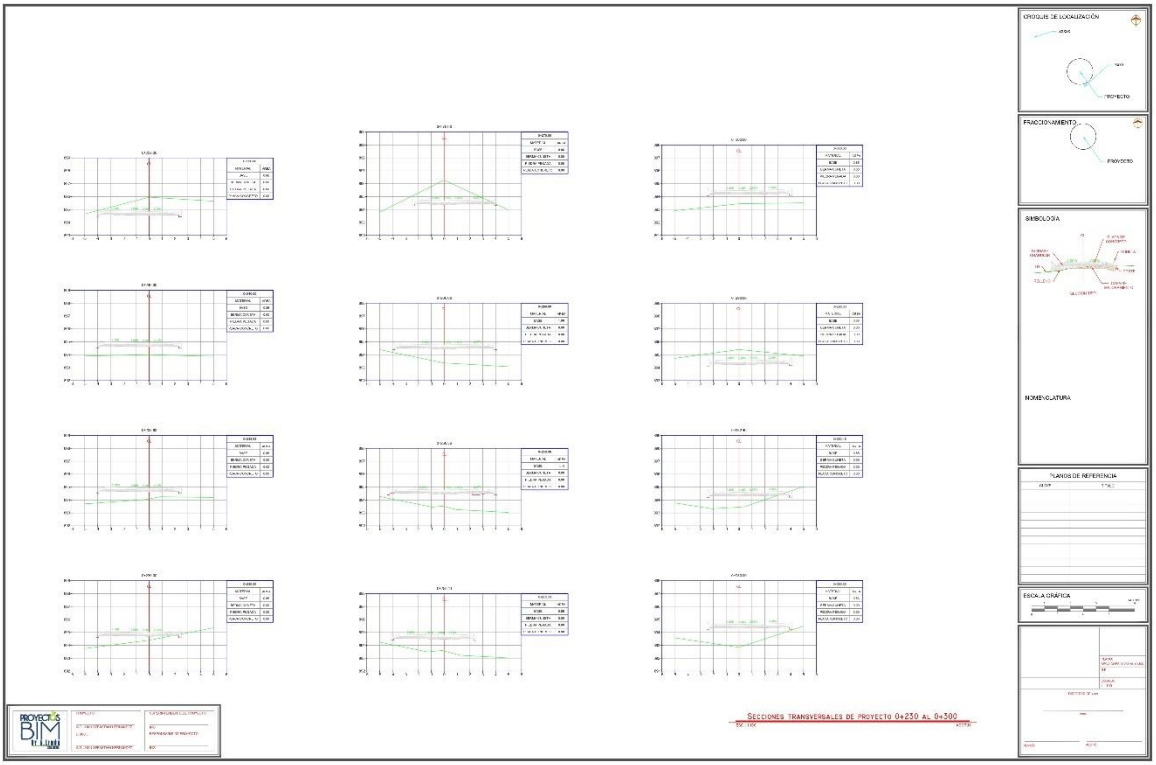
**Apéndice P.** *Planos Planta- Perfil y Secciones Transversales.*

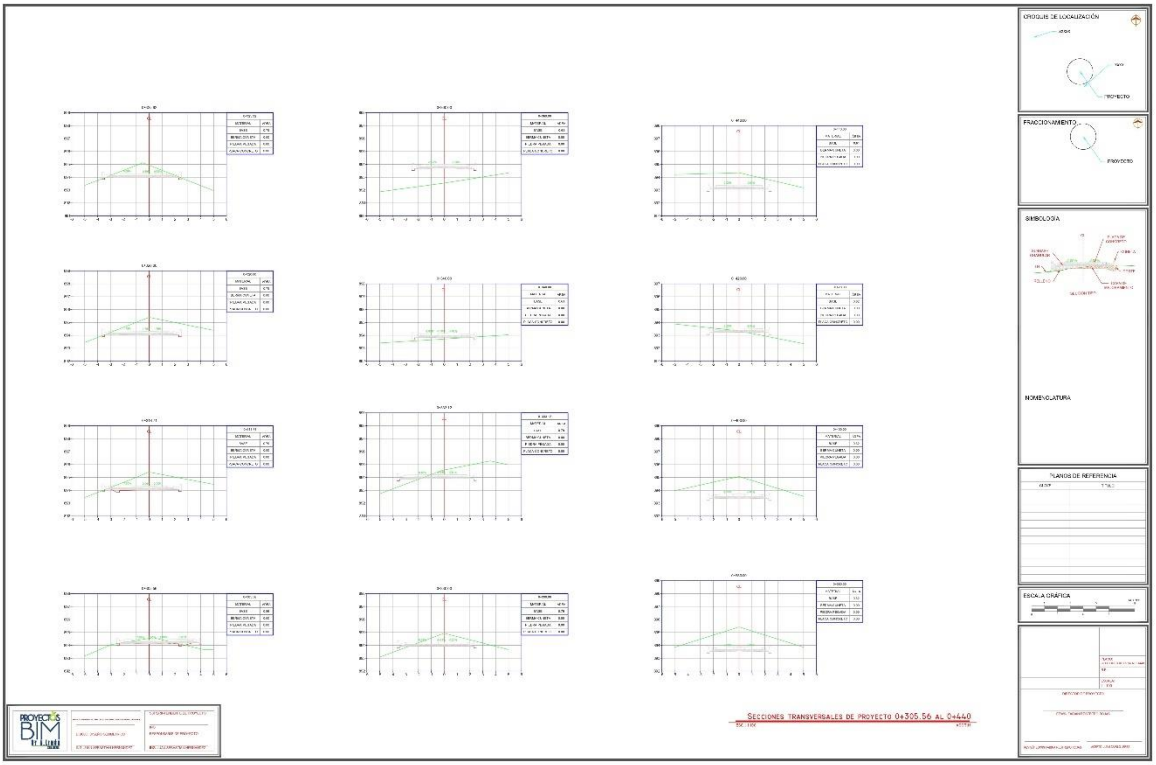


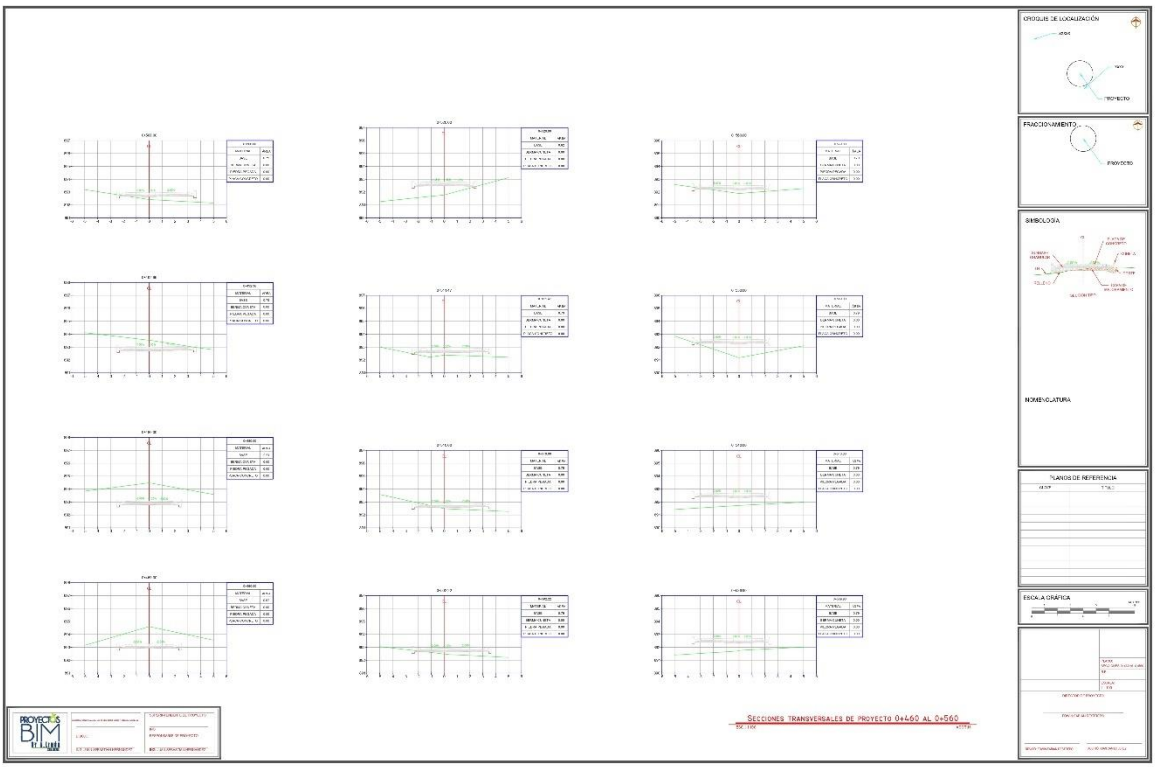


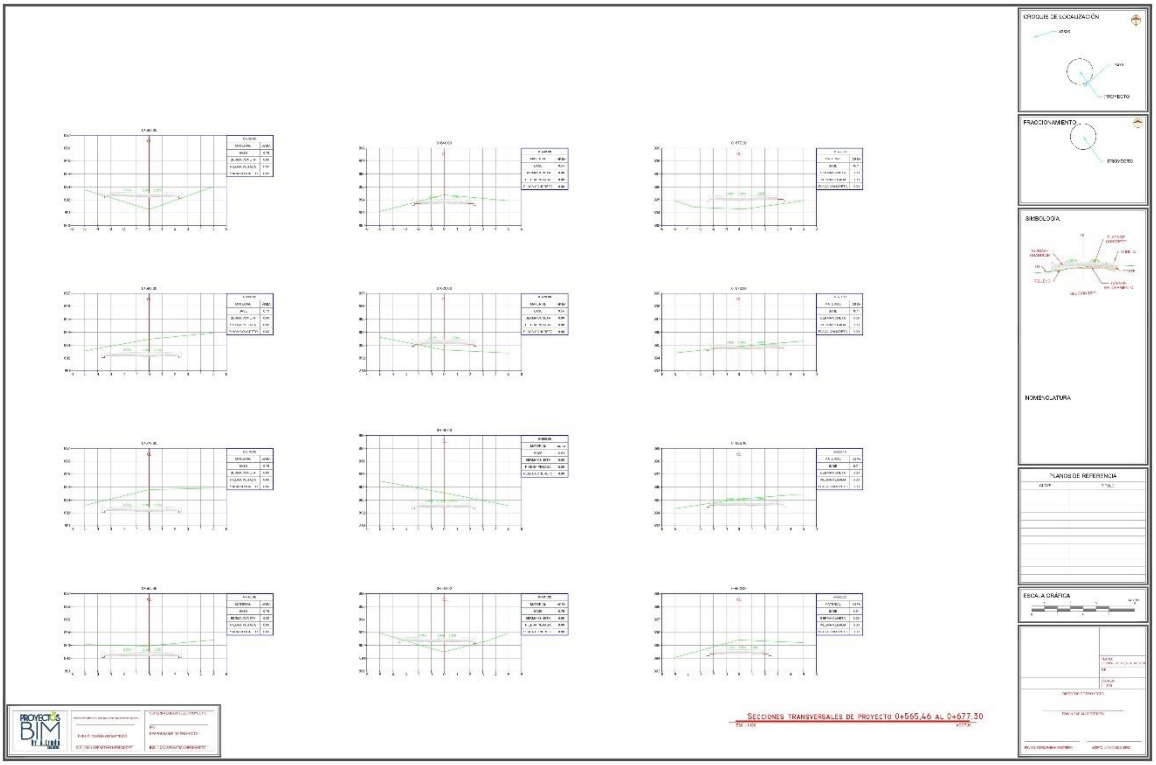

CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+000 AL 0+090

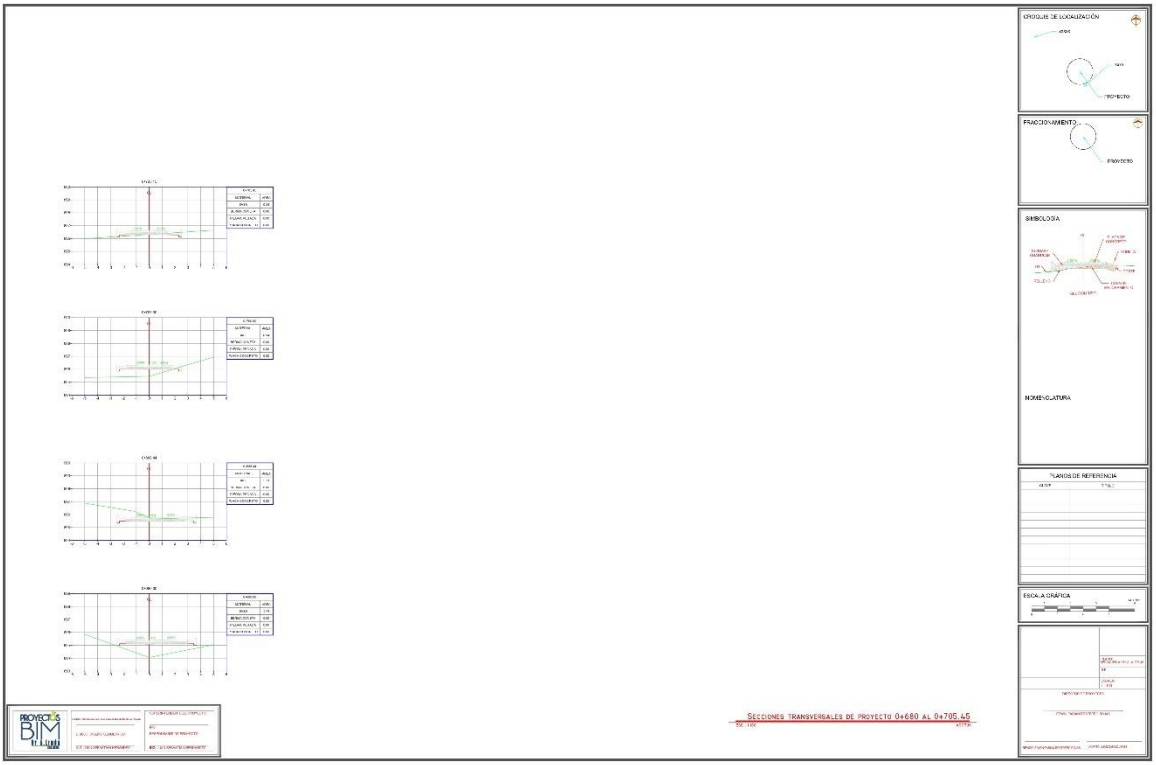

CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+ 091,98 AL 0+220


CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+230 AL 0+300


CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+305.56 AL 0+440


CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+460 AL 0+560


CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+565,46 AL 0+677,30


CROQUIS DE UBICACIÓN
FRACCIONAMIENTO
SIMBOLOGÍA
NOMENCLATURA
PLANOS DE REFERENCIA
ESCALA GRÁFICA
SECCIONES TRANSVERSALES DE PROYECTO 0+680 AL 0+705.45
PROYECTOS BIM