

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

1.1 Introducción

Se entiende por diseño de Ingeniería de un camino vecinal, la realización del diseño Geométrico y diseño Estructural de dicho camino aplicando todos los conocimientos científicos adquiridos en aula y llevándolos a cabo a la realización real de un proyecto de Ingeniería para la construcción de una vía de comunicación o sistema carretero, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

En Tarija se vienen ejecutando varios proyectos de diseño de ingeniería de caminos que incluyen aperturas, mejoramientos, recapamientos, pavimentados y otros relacionados a la construcción de vías de comunicación. En la Provincia Aniceto Arce, específicamente en el Municipio de Padcaya, en los últimos años la Gobernación del Dpto. de Tarija Sección Padcaya es la encargada de llevar a cabo la construcción y ejecución de caminos vecinales en todo el municipio, pero la falta de infraestructura caminera en el Municipio es evidente, puesto que varias comunidades se ven afectadas por una serie de cortes de caminos ocasionando pérdidas agrícolas y pecuarias, dicho problema viene agravándose de manera progresiva, produciendo impactos negativos en la economía de la zona y por ende frena el desarrollo de este Municipio.

Se efectuará el diseño de Ingeniería: **mejoramiento del camino tramo Rosillas-San Francisco** perteneciente al Municipio de Padcaya presentando el diseño geométrico, su respectiva capa de rodadura y presupuesto como la solución al problema de falta de infraestructura vial de la zona, donde las normativas a seguir serán las estipuladas por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) para dicho Proyecto de Ingeniería.

La importancia de este proyecto es que brindara la accesibilidad caminera los 365 días del año, se diseñara un paquete estructural que aumentara la vida útil de esta carretera y brindara mejoras en el costo beneficio de toda la población de Rosillas San Francisco.

1.2 Justificación del proyecto

1.2.1 Justificación académica

Se decide realizar el diseño de ingeniería para aplicar todos los conocimientos adquiridos en aula y llevándolos a cabo a la realización real de un proyecto de Ingeniería para la construcción de una vía caminera, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

1.2.2 Justificación sobre la aplicación técnica-práctica

El constante crecimiento demográfico en las comunidades Rosillas y San Francisco da lugar a problemas que requieren solución. El presente **“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DEL CAMINO TRAMO ROSILLAS - SAN FRANCISCO”** tiene una longitud de 5.877 km es un camino netamente de tierra que por las condiciones actuales se nota que no se realiza mantenimiento vial frecuente, encontrándose en condiciones críticas para su operación, donde se registra un flujo vehicular bajo, pero que es muy importante para la conexión de la zona San Francisco a la zona de mayor flujo vehicular como es Rosillas.

1.2.3 Justificación e importancia social

Los deslizamientos de los taludes, la formación de baches de gran tamaño en época de lluvia, el estancamiento del agua a lo largo del camino actual, son factores que afectan de forma significativa la calidad de vida de los habitantes.

Por otra parte, también ocasionan problemas a los propietarios de los vehículos ya que las malas condiciones del camino provocan que los vehículos se desplacen a baja velocidad, consecuentemente el costo de mantenimiento de estos resulta ser muy elevado.

Se presentará el diseño en el tramo Rosillas-San Francisco perteneciente al Municipio de Padcaya para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan estas comunidades ya que estas no cuentan con una carretera confiable para poder sacar sus productos hacia la ciudad.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación Problemática

En la provincia Aniceto Arce la Gobernación del Departamento de Tarija – Sección Padcaya viene ejecutando varias obras de apertura, mejoramiento y asfaltado de varias vías camineras que permiten la integración de la provincia. Las comunidades de Rosillas y San Francisco se integran a través de un camino vecinal que es utilizado por los comunarios para traer sus productos a comercializarlos a la ciudad de Tarija y además proveerse de productos de primera necesidad, pero la vía presenta la necesidad de pavimentarse y de adecuar el camino actual, a un diseño geométrico donde sus características técnicas relacionadas con el alineamiento vertical y horizontal, ancho de plataforma, drenaje y otras características se encuentren con las normas técnicas de carreteras en Bolivia. Otra justificación para el diseño de ingeniería de esta vía es que las carreteras adyacentes a esta son parte de la red municipal de la provincia Aniceto Arce por el tramo Padcaya-Rosillas (tramo asfaltado) y por el tramo Chaguaya-Rosillas (tramo asfaltado), también para la integración de las provincias Cercado, Avilés y Aniceto Arce por el tramo Tarija-Padcaya-Rosillas (tramo asfaltado) y por el tramo Tarija-Uriondo-Chaguaya-Rosillas (tramo asfaltado), por estos motivos se tiene la necesidad de presentar alternativas de diseño de Ingeniería para el camino vecinal Rosillas - San Francisco.

1.3.2 Delimitación del tiempo

El presente trabajo tiene como tiempo límite aproximadamente 10 semanas, desde el inicio del primer semestre de la presente gestión, por lo que se debe realizar un cronograma de actividades con el cual se evitará tener problemas con el tiempo de ejecución para dicho proyecto.

1.3.3 Delimitación del espacio

Los ensayos para este proyecto se los realizaron en el laboratorio de suelos de UAJMS el cual se coordinó con el encargado de dicho laboratorio para tener un horario para hacer uso del mismo.

El espacio a ocuparse debe ser amplio y cómodo, donde se puedan utilizar los materiales y equipos de laboratorio correctamente, de tal manera que se obtengan los datos más exactos posibles.

1.3.4 Formulación del problema

¿Cómo se puede realizar el mejoramiento del camino vecinal tramo Rosillas San Francisco desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 5+877?

Se plantea la construcción de un camino pavimentado de 5.877 Km de longitud, con carpeta asfáltica, con diferentes obras de arte menores que parte desde la comunidad de ROSILLAS hasta la comunidad de SAN FRANCISCO; el mencionado camino llegará a cubrir todas las necesidades de las poblaciones beneficiadas contando con un camino estable en todas las épocas del año.

Al realizar el rediseño del tramo caminero ROSILLAS – SAN FRANCISCO, se estaría mejorando la calidad de vida de los habitantes de la zona, ya que en épocas de lluvia es difícil su transpirabilidad, además de reducir los costos generados en viajes, reducir los accidentes de tránsito y aumentar el flujo vehicular para el traslado de los productos agrícolas y ganadería.

1.4 Objetivos de proyecto

1.4.1 Objetivo General

Realizar el diseño de Ingeniería mejoramiento del camino tramo Rosillas-San Francisco, con la finalidad de garantizar la fluidez del tráfico vehicular con circulación cómoda y segura utilizando manuales, normas y reglamentos de la ABC.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características de la zona como lo es el tránsito, la ubicación, el clima, los resultados geotécnicos, la hidrología, etc.
- Elaborar el diseño geométrico utilizando la topografía para el trazo.
- Diseñar el paquete estructural para El Tratamiento Superficial Doble por el método de AASTHO.

- Diseñar las obras de drenaje menor para el tramo (Cunetas, alcantarillas).
- Realizar el análisis de estabilidad de taludes.
- Realizar el análisis precios unitarios cómputos métricos y presupuesto general del proyecto.
- Elaborar las especificaciones técnicas de cada ítem del proyecto.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

1.5 Alcance

Para la realización de este proyecto involucra toda la parte de diseño de ingeniería, (topografía, estudio de suelos, tráfico, diseño geométrico, diseño estructural cómputos métricos presupuestos general de la obra).

El alcance del presente proyecto “DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DEL CAMINO ROSILLAS-SAN FRANCISCO” tiene como fin desarrollar el diseño geométrico y estructural del tramo **Rosillas-San Francisco**, engloba todo el proceso preliminar de acopios de datos, estudio de planos, reconocimientos y localización de las poligonales de estudio.

De acuerdo a la geografía, el terreno marca una forma de valle con presencia vegetal, pendientes fuertes en algunas partes del tramo y un suelo con características limo arcillosa.

Adecuación de este corredor a un plan vial, el cual cumpla con las normas y parámetros de diseño establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Realización efectiva del diseño en planta, perfil, sección transversal y movimientos de tierra, todo esto realizado por el software civil 3D.

Chequeo y monitoreo de curvas, tanto horizontales como verticales, dentro del parámetro establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

El alcance propuesto tendrá la siguiente secuencia en su realización:

Es de vital importancia realizar el reconocimiento visual del tramo de estudio verificando las condiciones en el que se encuentra. Con este reconocimiento se puede tener una mejor idea del tipo de diseño.

Una vez verificado el reconocimiento visual de la vía, se realiza el replanteo de los BMs usando el equipo GPS RTK para un mejor diseño geométrico de la vía.

Se realizará el aforo en base al flujo vehicular existente en la zona, tomando como puntos de aforo Rosillas y el otro punto de aforo San Francisco.

El aforo será por 7 días, tanto de vehículos livianos, medianos como pesados.

Una vez obtenidos los datos de tráfico vehicular se deberá realizar el estudio de tráfico y la composición vehicular para la determinación del “TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL” (TPDA).

También se podrá realizar el estudio del viaje origen y destino pasajero, para que a través de un aforo se determine la cantidad y en qué clase de vehículo estos se trasladan.

Desarrollar el diseño geométrico del tramo en base al levantamiento topográfico que fue realizado por funcionarios de la Gobernación del Departamento de Tarija – Sección Aniceto Arce y a solicitud de mi persona, me fueron facilitados los datos de dicho levantamiento de manera digital.

El diseño se realizará en el programa auto CAD civil 3D, con los parámetros de diseño seleccionados de la norma ABC (Administradora Boliviana de Carreteras), estos parámetros serán elegidos según las características de los datos del tramo.

La extracción de muestra se realizará cada 500 metros, se descubre la capa donde se ejecutará la extracción de la muestra de suelo, esta limpieza debe ser a una profundidad de 15 cm, una vez limpia la capa superior se realiza la excavación de la muestra con una profundidad de 135 cm. Toda esta muestra extraída se debe colocar en una bolsa de yute para poder llevarlo al laboratorio para su debido análisis.

El análisis del suelo o terreno de fundación (sub rasante) se realizará mediante ensayos de laboratorio como granulometría, límites de Atterberg, (CBR), para poder conocer sus características físicas como sus límites de consistencia, granulometría, capacidad portante del terreno y a partir de estos datos realizar un diseño estructural adecuado.

Todos los ensayos se realizaron en los laboratorios de la UAJMS, debidamente como explican las guías de laboratorio, cada muestra será verificada por el encargado de laboratorio para no tener dudas sobre los resultados obtenidos.

Para la realización del diseño estructural es necesario tener un amplio conocimiento tanto de los conceptos como de los elementos que caracterizan a los tratamientos superficiales dobles, conocer los diferentes factores que intervienen en el diseño para la posterior determinación de los espesores del paquete, y así de esta forma dotar de una vía asfaltada a la zona de emplazamiento del proyecto.

La planilla de cómputos métricos del tramo en estudio se mostrará en los anexos.

Para el análisis de precios se tendrá en cuenta tres componentes específicos: Mano de obra, equipo y herramienta y materiales.

Los planos del proyecto se realizarán con la ayuda del programa civil 3D

Por último, se definirán las conclusiones y recomendaciones.

1.6 Hipótesis

Si realizamos el diseño de Ingeniería para 5.877 Km del tramo Rosillas-San Francisco, podremos mejorar la condición actual del tramo.

1.7 Conceptualización de Variables

La única variable identificada es la condición actual, que pasará de una pésima a una mejor condición; sin embargo, se puede hacer la siguiente descripción:

1.7.1 Variable Independiente

Difícil de identificar y medir, pero se refiere a las que afectaron al tramo vial, por ejemplo, el intemperismo, vientos, lluvias, entre otros. Estos dejaron en malas condiciones físicas al tramo vial Rosillas - San Francisco, debido a los constantes cambios climático que sufre la ruta, se hace difícil la accesibilidad y la transitabilidad.

1.7.2 Variable Dependiente

Diseño final de ingeniería de un tramo vecinal que une 2 comunidades, este diseño de ingeniería ayudara a mejorar este tramo.

Con la realización del proyecto se logrará adelantar las condiciones de vida de los habitantes de la zona por medio del incentivo a la producción y comercialización que provocará el contar con vías estables en toda época del año.

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Carreteras

Una **carretera** o **ruta** es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte.¹

2.1.2 Vía o camino

Denominado camino a una franja de la superficie terrestre modificada por el hombre para dotarla de características y condiciones adecuadas para la circulación de los vehículos, principalmente automotores.

Funcionalmente es un medio destinado a satisfacer anhelos y necesidades de la población en cuanto a comunicación, traslado de bienes y personas, comercialización, relación entre la producción y el consumo, desarrollo, defensa, integración, fomento y turismo. Algunas de sus características son invisibles (resistencia, valor soporte, grado de compactación, etc.) y otras visibles (anchos, pendientes, curvaturas, etc.).²

2.1.3 Pavimento

En ingeniería civil, el pavimento forma parte del firme y es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales

¹ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/carretera>

² Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/camino>

utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas.

Superficie especialmente acondicionada para la circulación de los vehículos, más especiales capas inferiores que le dan apoyo.³

2.1.4 Calzada

Se compone de un cierto número de carriles. Su zona exterior es arcenes o aceras, los cuales no pertenecen a la calzada y por ellos no se debe circular excepto en circunstancias especiales.

Franja superficial destinada a la circulación de los vehículos; la calzada pavimentada tiene especiales condiciones de resistencia, durabilidad, impermeabilidad, fricción, lisura, etc.⁴

2.1.5 Carril

Carril es la franja longitudinal parte de una calzada que está construida para ser utilizada por una sola fila de vehículos.

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.⁵

2.1.6 Banquina o berma

Franja adyacente a la calzada destinada al estacionamiento de los vehículos accidentalmente detenidos, para usos de emergencia y como soporte lateral de la calzada.

2.1.7 Cuneta

Canal longitudinal de desagüe, si el producto de su excavación se utiliza en la obra también se llama préstamo.

³ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>

⁴ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Calzada>

⁵ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_\(desambiguaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_(desambiguaci%C3%B3n))

2.1.8 Zona de camino

Todo espacio incorporado o afectado a la vía pública y sus instalaciones anexas, comprendido entre las propiedades lindantes.

Franja total ocupada, es común materializar sus límites con alambradas o cercos.

2.1.9 Clasificación de las vías

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: autopistas, auto rutas y primarias.
- Caminos: colectores, locales y de desarrollo.

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado.

2.2 Marco normativo

2.2.1 Topografía

La topografía es la disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno. Esta disciplina rama hace foco en el estudio de todos los principios y procesos que brindan la posibilidad de trasladar a un gráfico las particularidades de la superficie, ya sean naturales o artificiales.

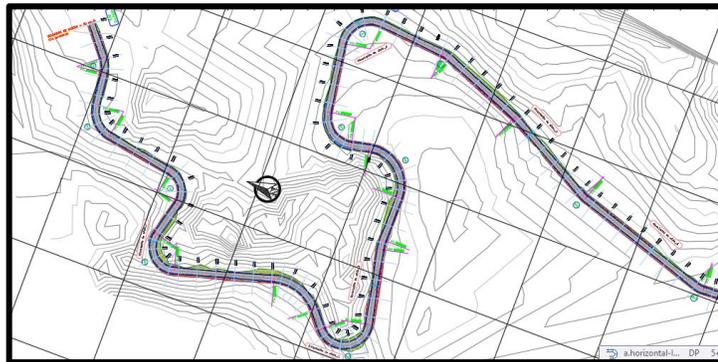
Los topógrafos utilizan para su tarea sistemas bidimensionales sobre los ejes X e Y, mientras que la altura (eje Z) constituye la tercera dimensión. La elevación del terreno, de todas maneras, se ve reflejada en los mapas topográficos por medio de líneas que se unen con un plano de referencia, conocidas con el nombre de curvas de nivel.

Esta representación de mapas tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana, mientras que

para un geodesta no lo es. Para un mejor estudio la Topografía se divide en dos ramas: Planimetría y la Altimetría.

2.2.1.1 Planimetría

Figura 2.1. Plano topográfico planimétrico.

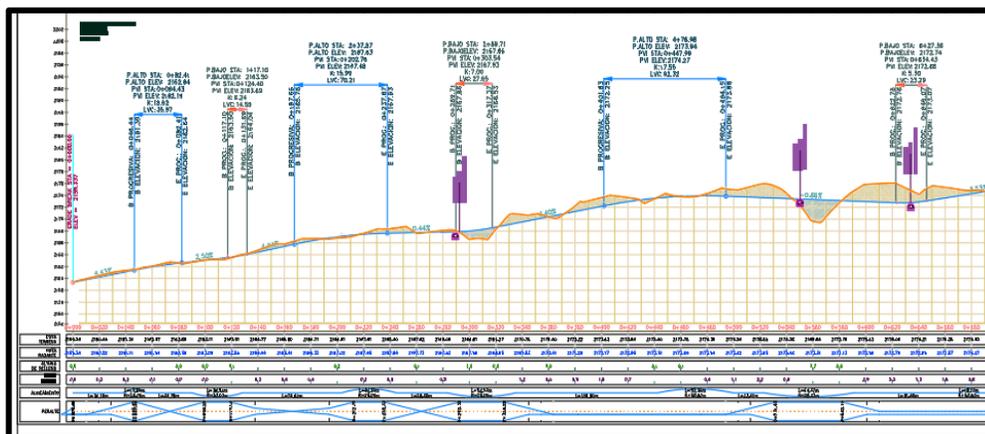


Fuente: Elaboración propia.

Puede entenderse a la planimetría como la parte de la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana. Lo que hace la planimetría es prescindir del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal.

2.2.1.2 Altimetría

Figura 2.2. Perfil altimétrico de una carretera.



Fuente: Elaboración propia.

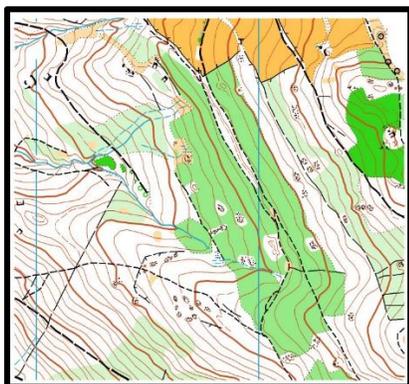
La altimetría es la parte de la Topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura; también llamada "cota", de cada

uno de los puntos, respecto de un plano de referencia. Con la Altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.). También consiste en la determinación de las diferencias de nivel existentes entre dos o más puntos del terreno. Para poder conocer estas diferencias de nivel se debe medir la distancia vertical directa o indirectamente, a esta operación se denomina nivelación.

2.2.2 Curvas de nivel

Curvas de nivel son líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar y tienen el fin de mostrar el relieve del terreno. Las curvas de nivel pueden construirse interpolando una serie de puntos de altitud conocida o a partir de la medición en el terreno, utilizando la técnica de la nivelación.

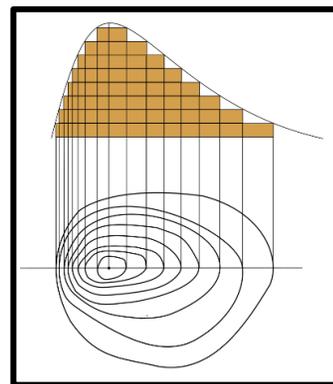
Figura 2.3. Plano topográfico con curvas de nivel.



Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_nivel

Figura 2.4. El principio de las curvas de nivel.



Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_nivel

2.2.3 Diseño geométrico de carreteras

El Diseño Geométrico de Carreteras es la parte más importante ya que representa lo que será la carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de topografía del terreno porque ésta determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes de ella. Además, el diseño de la vía debe realizarse considerando las características del terreno, el impacto ambiental y el impacto social como: expropiaciones, el planeamiento del tráfico, la economía y financiamiento de la obra y otras consideraciones legales. La

construcción de carreteras requiere la creación de una superficie continua, que atraviese obstáculos geográficos y tome una pendiente adecuada para permitir a los vehículos la circulación, debiendo estas satisfacer una serie de normativas y guías oficiales que son de obligado cumplimiento.

2.2.4 Clasificación de las carreteras

A nivel local, según Manual ABC 2.007, se clasifican de la siguiente manera:

Por su Administración

- Red Fundamental, está bajo la responsabilidad de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).
- Redes Departamentales, se encuentran bajo la jurisdicción de los Gobiernos Autónomos Departamentales.

Por el Tipo de Superficie de Rodadura

- Carreteras de Tierra.
- Carreteras de Ripio.
- Carreteras de Pavimento.

Por sus Características Técnicas

- Carreteras: Autopistas, Auto rutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.

Clasificación técnica de carreteras

Por el Tipo de Terreno

- Terreno Llano: la rasante de la vía estará comprendida entre $\pm 3 \%$.
- Terreno Ondulado: con pendientes que pueden fluctuar entre 3 a 6 %.
- Terreno Montañoso: la rasante presenta pendientes sostenidas de 4 a 12 %.

Por su Función

- Autopista (O) Son carreteras nacionales destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables.
- Auto rutas (I.A). Son carreteras nacionales están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí.
- Carreteras primarias (I.B). Son carreteras nacionales o regionales, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia.
- Caminos colectores (II). Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo.
- Caminos locales (III). Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente.
- Caminos de desarrollo. Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal.

Tabla 2.1. Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.

Categoría	Sección Transversal		Velocidades de proyecto (km/h)	Código Tipo
	No. de carriles	No. de calzadas		
Autopista (O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
Autoruta (I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
Primario (I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
	2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector (II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
	2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
Local (III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo	2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx
- UD: Unidireccionales (n) Número Total de Carriles - BD: Bidireccionales - xx Velocidad de Proyecto (km/h) * Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos				

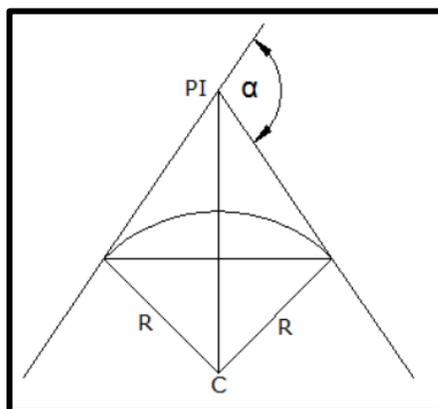
Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

2.2.5 Curvas circulares

2.2.5.1 Curva Circular Simple

Las curvas circulares simples son el tipo de curva horizontal más usado. Se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos tangentes de un alineamiento.

Figura 2.5. Curva Simple.

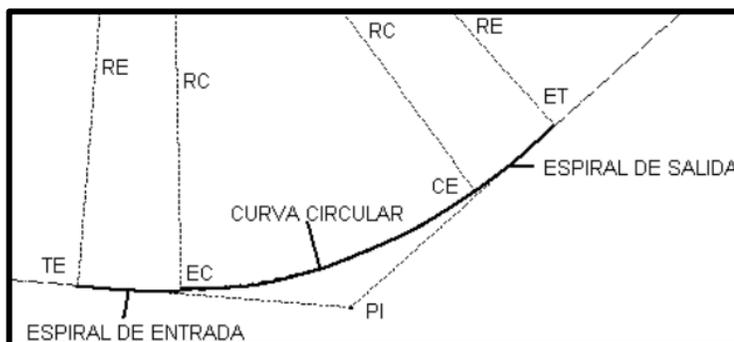


Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

2.2.5.2 Curva Espiral de Transición

Las curvas espirales de transición se utilizan para unir las tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada.

Figura 2.6. Curva de transición.



Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Para efectuar las transiciones se empleará la clotoide o espiral de Euler, cuya expresión es:

$$R * Le = K^2$$

Donde:

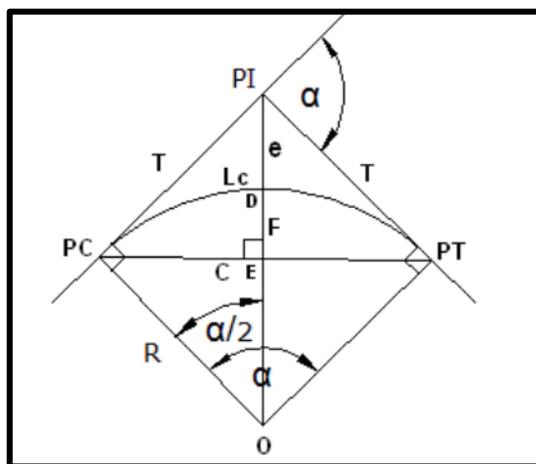
R=Radio de la curva circular en metros.

Le=Longitud de la espiral de transición en metros.

K=Parámetros de la espiral en metros.

2.2.5.3 Elementos de la curva circular

Figura 2.7. Elementos de una curva circular.



Fuente: "Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales"

Donde:

PI=Es el punto donde se encuentran dos alineamientos rectos.

PC=Es el punto donde comienza la curva.

PT=Punto donde termina la curva.

α =Ángulo de deflexión o ángulo central. Es el ángulo formado por la prolongación de un alineamiento recto y el siguiente.

T=Tangente. Es la distancia entre el PI y los puntos PC y PT.

C=Es el centro de la curva circular

R=Es el radio de la circunferencia que describe el arco de la curva.

C=Cuerda Larga. Es la línea recta que une el PC y el PT.

F=Flecha. Distancia entre el punto medio de la curva (D) y el punto medio de la cuerda (E).

Lc=Longitud de la curva. Es el arco descrito por la curva de la circunferencia desde el PC hasta el PT.

De donde tenemos las fórmulas:

Tangente $T = R \text{Tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

Longitud de curva $L = \frac{\pi R \alpha}{180}$

Cuerda $C = 2R \text{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

Externa $E = R \left[\text{Sec}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1 \right]$

Flecha $F = R \left[1 - \text{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]$

Radios mínimos de curvas circulares

Tabla 2.2. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.

Caminos colectores - Locales - Desarrollo			
Vp	e _{máx}	f	R _{mín}
km/m	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Caarreteras - Autopistas autorrutas - Primarias			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

Los radios mínimos de curvas horizontales calculados para las velocidades directrices, los peraltes y los coeficientes de fricción, condiciones climáticas, tipo de tráfico, etc. han sido determinadas a partir de la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{v^2}{127 \cdot (e_{\text{máx}} + f)}$$

Donde:

$R_{\text{mín}}$ = Radio de curva mínimo (metros)

V = Velocidad directriz (Km. /h)

e = Peralte (m/m)

f = Coeficiente de fricción a dimensional

Tabla 2.3. Valores máximos para el peralte y la fricción transversal.

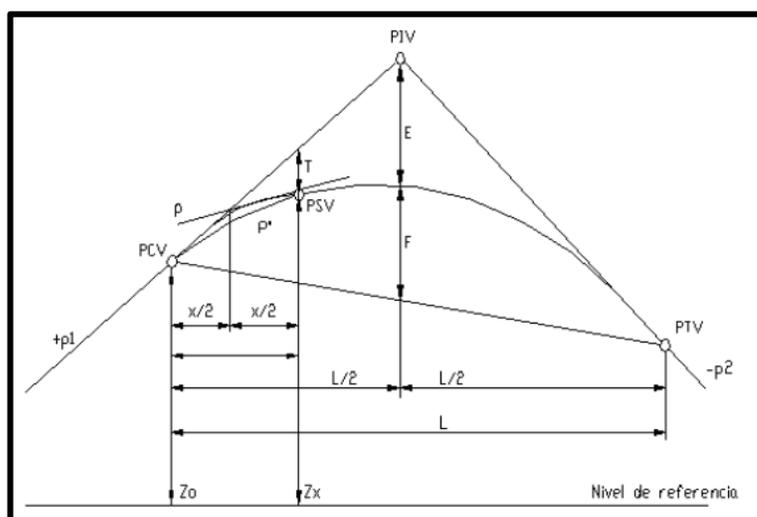
Tipo de vía		e máx	f
Caminos	V_p 30 a 80 Km/h	7%	$0,265 - V/602,4$
Carreteras	V_p 80 a 120 Km/h	8%	$0,193 - V/1134$

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.6 Curvas verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser cóncava o convexa, la curva vertical cóncava (columpio) es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical convexa (cresta) es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

Figura 2.8. Elementos de la curva vertical.



Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Donde:

PIV=Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV=Punto en donde comienza la curva vertical

PTV=Punto en donde termina la curva vertical

PSV=Punto cualquiera sobre la curva vertical

p1=Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

p2=Pendiente de la tangente de salida, en m/m

A=Diferencia algebraica de pendientes

L=Longitud de la curva vertical, en metros

K=Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

x=Distancia del PCV a un PSV, en metros

p=Pendiente en un PSV, en m/m

p'=Pendiente de una cuerda, en m/m

E=Externa, en metros

F=Flecha, en metros

T=Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

Zo=Elevación del PCV, en metros

Zx=Elevación de un PSV, en metros

Nota: Si X y L se expresan en estaciones de 20 m la elevación de un PSV puede calcularse con cualquiera de las siguientes expresiones:

$$Z_x = Z_o + (20 p_1 - (10AX/L)) X$$

$$Z_x = Z_x - 1 + 20 p_1 - (10A/L) (2X - 1)$$

$$A = P_1 - (-P_2)$$

$$K = L / A$$

$$P = P_1 - A (X/L)$$

$$P' = \frac{1}{2} (P_1 + P)$$

$$E = (AL) / 8$$

$$F = E$$

$$T = 4E (X / L) ^2$$

$$Z_x = Z_o + [P_1 - (AX/2L)] X$$

2.2.6.1 Visibilidad en curvas verticales

Para que las curvas verticales convexas (en cresta) cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

Donde:

D=distancia de visibilidad, en metros.

H=altura al ojo del conductor (1.14 m).

h=altura del objeto (0.15 m).

La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K, especificado en la siguiente tabla.

Tabla 2.4. Valores mínimos del parámetro “K” y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

Velocidad de proyecto (km/h)	Valores del parámetro K (m/%)		Longitud mínima aceptable (m)
	Curvas Convexas	Curvas Cóncavas	
	Carretera tipo E D,C,B,A	Carretera tipo E,D,C,B,A	
30	4	3	20
40	7	4	30
50	12	8	30
60	23	12	40
70	36	20	40
80	-	31	50
90	-	43	50
100	-	57	60
110	-	72	60

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.6.2 Longitud mínima de una curva vertical

La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$L = K * A$$

Donde:

L=Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

K=Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla de valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

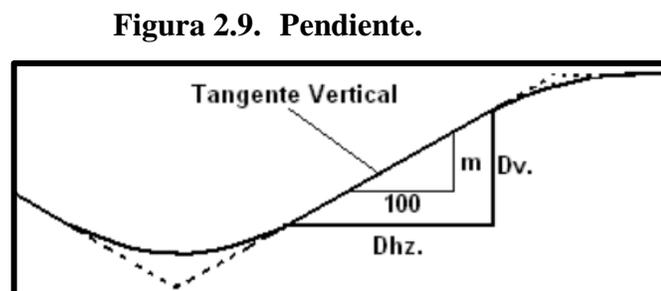
A=Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales.

2.2.6.3 Longitud máxima de una curva vertical

No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales convexas con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

2.2.7 Pendientes máximas del perfil longitudinal

La pendiente m de la tangente vertical es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma.



Dada por la fórmula:

Donde:

m =Pendiente

Dv =Distancia Vertical (Desnivel)

Dhz =Distancia Horizontal

Esta relación se la expresa en porcentaje.

Las pendientes máximas tolerables son definidas en las normas teniendo en cuenta la topografía, el volumen y características de tráfico en coherencia con la velocidad directriz, por lo tanto, la categoría de la carretera.

Los valores correspondientes a las categorías de diseño adoptadas para el proyecto se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 2.5. Pendientes máximas admisibles

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)									
	<30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 a 12	10 a 9	----	----	----	----	----	----	---(1)	----
Local	----	9	9	8	8	----	----	----	----	----
Colector	----	----	----	8	8	8	----	----	----	----
Primario	----	----	----	----	----	6	5	4,5	----	----
Autorrutas	----	----	----	----	----	6	5	4,5	----	----
Autopistas	----	----	----	----	----	5	----	4,5	----	4

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.” de la ABC

2.2.8 Peralte

Los peraltes son las sobre elevaciones transversales de la calzada en trazados horizontales curvos, donde aparece la fuerza centrífuga originando peligros a la estabilidad de los vehículos en movimiento, el deslizamiento transversal y el vuelco.

Para evitar estos peligros, la norma propone ciertos valores como se ven en el cuadro 2.6 en consideración de los factores principales siguientes:

- El flujo de tráfico puede circular a velocidades menores que las velocidades de diseño.
- La longitud de transición del peralte resulta prácticamente viable.
- Categoría del camino, topografía de la región y velocidades directrices.
- Razones económicas, reducción de costos de construcción y mantenimiento.

Tabla 2.6. Peraltes

Criterios de aplicación	e máx. Deseable	e máx. Absoluto
Zonas rurales con probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada. carreteras de categoría 0 y I.A	6	6
Zonas llanas y ondulaciones sin probabilidad de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada	6	8
Zonas montañosas, sin probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la plataforma	8	10

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.9 Distancia de visibilidad para sobrepaso

Equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto; esto es, para abandonar su carril, sobrepasar el vehículo adelantado y retornar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril utilizado para el adelantamiento.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de adelantamiento se requiere sólo en caminos con carriles para tránsito bidireccional.

El cuadro 2.7 entrega los valores mínimos a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar.

Tabla 2.7. Distancia mínima de adelantamiento.

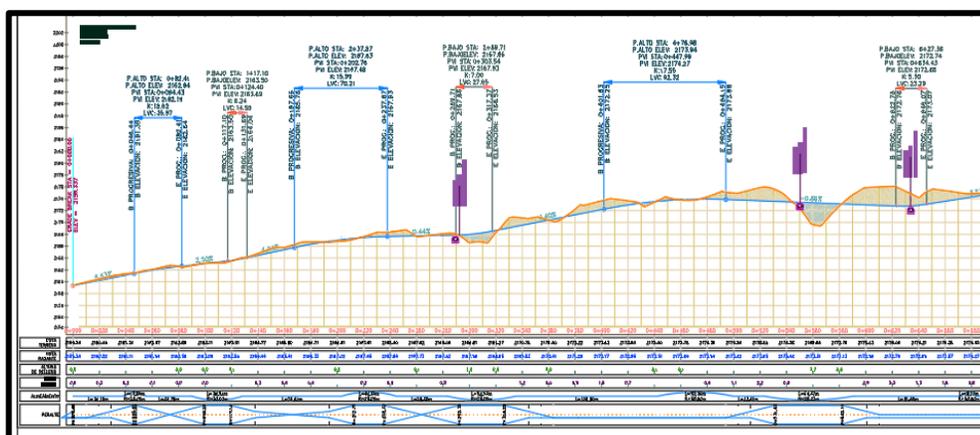
Velocidad de Proyecto km/h	Distancia Mínima de Adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.10 Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal, es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección, mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante.

Figura 2.10. Perfil longitudinal.



Fuente: Elaboración propia

El perfil longitudinal, es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección, mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante. Este perfil representa todas las características de la topografía del terreno natural. De manera más simple, es como si un plano vertical cortara de manera normal la línea central de la vía, en toda su longitud; representándose así las características del terreno. Para que las deformaciones del terreno

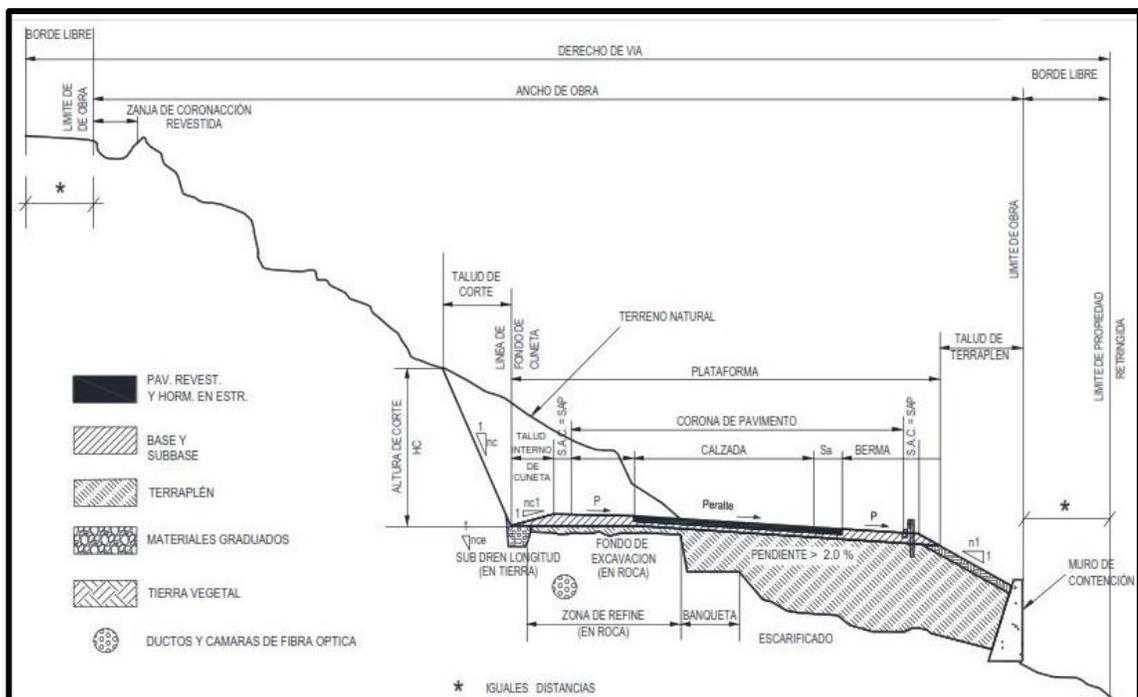
natural sean más notorias se exagera la escala vertical de esta proyección en una relación de 10 a 1, es decir por ejemplo Esc. H. 1:1000 y Esc. V. 1:100

2.2.11 Sección transversal

2.2.11.1 Perfil transversal

El Perfil Transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

Figura 2.11. Detalle de un perfil transversal tipo.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

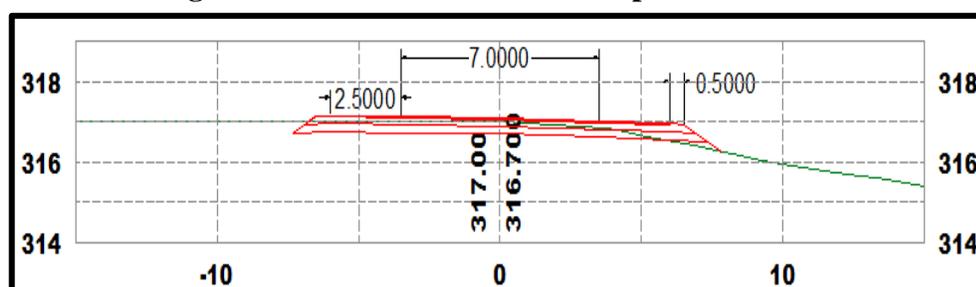
Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados. En el grafico (Figura 2.11) se hace la representación de una sección transversal tipo de una ruta bidireccional de dos carriles, en curva. En ellas aparecen los elementos fundamentales que normalmente se dan en una carretera o camino; plataforma, cunetas, taludes, etc.

2.2.11.2 Calzada

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que estos adelanten a otros más lentos.

Figura 2.12. Sección transversal tipo.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.3 Berma

Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la(s) calzadas(s). Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

2.2.11.4 Sobre ancho de plataforma (SAP)

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de sub-base y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado.

Consecuentemente, en los 0,5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo por pérdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado.

Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0,5 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias especificadas para las bermas. En

el cuadro 2.8 mostramos el valor de calzada, berma y SAP, adecuados a los parámetros anteriormente citados.

Tabla 2.8. Descripción técnica de calzada, berma y sap.

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽⁶⁾				
			"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL + INICIAL 4 PISTAS	ATP = na + 2(be + Se) + M final				
										6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS		
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-	
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-	
		80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-	
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-	
		90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-	
		80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-	
	COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-	
		70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	27	20	-	
		60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	26	19	-	
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0	
		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0	
	COLECTOR	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0	
		70	3,5	-	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0	
		60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0	
	LOCAL	DESARROLLO	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		40	3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
		30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0

Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

2.2.11.5 Pendiente transversal de la calzada

La pendiente transversal de la calzada debe ser lo suficiente para asegurar un adecuado escurrimiento de las aguas superficiales, para evitar que la infiltración afecte la estructura del pavimento y para disminuir las posibilidades de formación de láminas de agua, peligrosas durante la circulación de los vehículos.

En el siguiente cuadro extraído de las normas de la ABC, se muestran las pendientes transversales de las calzadas en función del tipo de pavimento y el clima de la zona, ya que estos son los factores más importantes en la elección de este parámetro de diseño, sin dejar de lado la comodidad y funcionalidad de la vía.

Tabla 2.9. Pendiente transversal de la calzada.

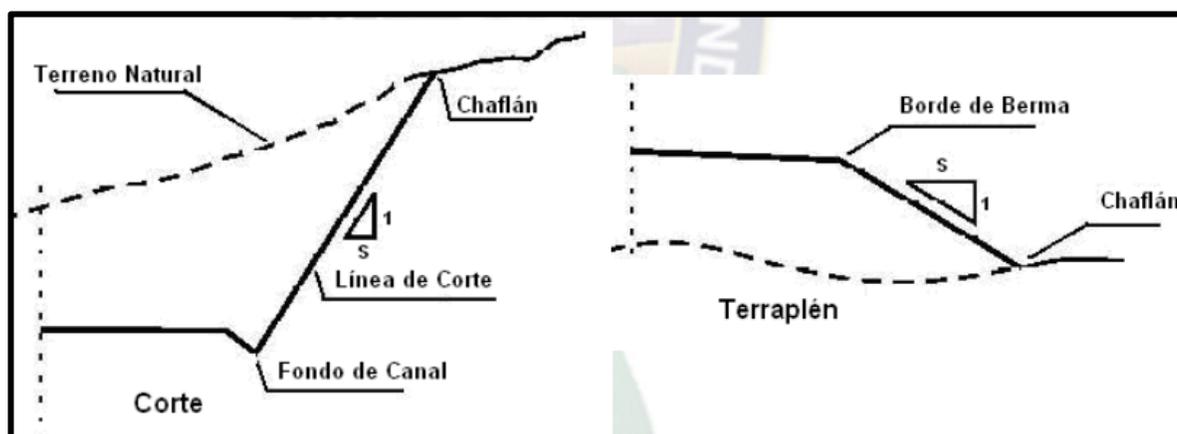
Tipo de pavimento	Pendiente transversal	
	Zona húmeda	Zona seca
Pavimento de Hormigón	2 - 1.5	2-1.5
Pavimento flexible	2.5 - 2	2
Pavimentos porosos o tratamientos Superficiales	3 - 2.5	2.5-2
Calzadas no Pavimentadas	4 - 3	3.5-3

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.6 Taludes

Se denomina talud a la superficie que delimita la explanación lateralmente. En cortes, el talud está comprendido entre el punto de chaflán y el fondo del canal. En terraplenes, el talud está comprendido entre el chaflán (pie del terraplén) y el borde de la berma.

Figura 2.13. Tipos de taludes.

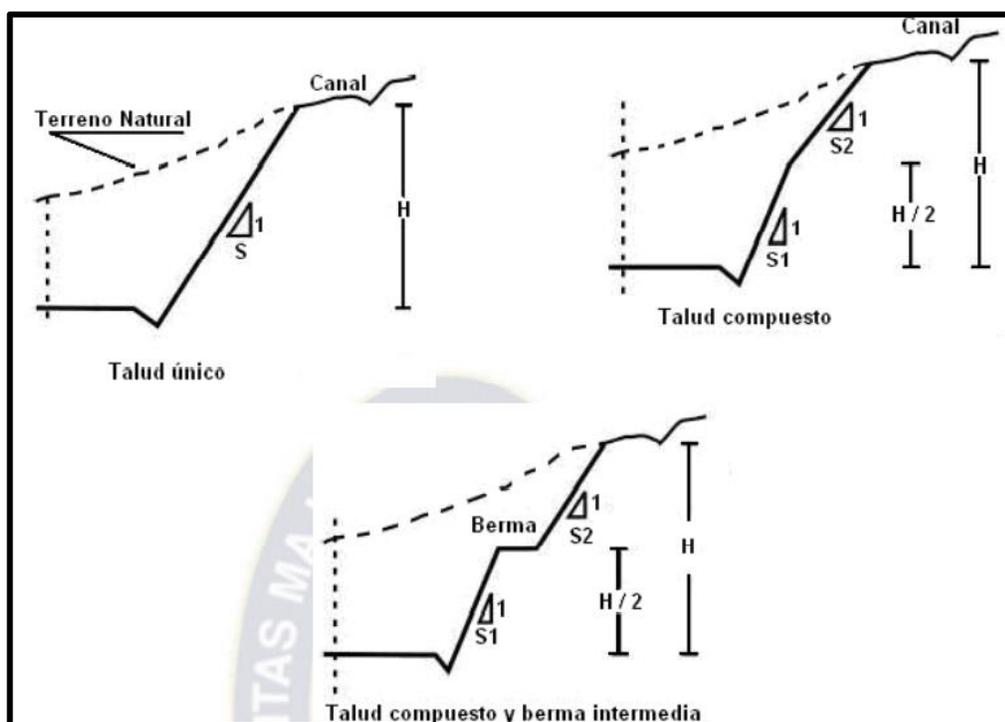


Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.7 Taludes de corte

Para un corte de baja altura se puede recomendar un talud único; para alturas mayores podrán requerirse dos taludes diversos; en algunos casos, se sugerirá la construcción de bermas o banquetas intermedias.

Figura 2.14. Tipos de taludes en corte.



Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

Tabla 2.10. Taludes recomendados en corte.

Material	Talud recomendable altura del corte H (m.) hasta 5 m.	Observaciones
1. Arenas limosas y limos compactos	1/2	$k=10^{-7}$ cm/s. Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
2. Arenas limosas, limo poco compacto	1/4	$k=10^{-7}$ cm/s contracuneta impermeable. Descopetar 1.5:1 la parte más intemperizada.
3. Arenas limosas y limos muy compactos	1/4	$k=10^{-7}$ cm/s. Descopetar la parte superior suelta.
4. Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas.	1/2	$k=10^{-8}$ cm/s. Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje.
5. Arcillas blandas expansivas	1	$k=10^{-8}$ cm/s.

Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

2.2.11.8 Taludes en terraplén

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción, selección y colocación del material que forma el relleno (lleno en tierra), el valor que comúnmente se usa en taludes es el 5:1.

En relación con los taludes de basura para la conformación de los terraplenes en el relleno sanitario manual, se recomienda 2:1 ó 3:1. Se garantizará su estabilidad con una buena compactación manual de las basuras y la construcción de taludes compuestos con berma intermedia.

Tabla 2.11. Taludes recomendados en terraplén.

Material	Talud
Rocas	¼:1 a ½
Roca Fracturada	1:1 a 1 ½:1
Suelos granulares	1 ½:1
Suelos arcillosos	2:1 a 3:1

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.12 Volúmenes de movimiento de tierra

2.2.12.1 Aspectos generales

Un factor que influye significativamente a la selección del trazado de una vía, es el terreno, que a su vez afecta al trazado de la rasante. El factor primordial que el diseñador considera para el trazado de la rasante, es el volumen de movimiento de tierras que será necesario para la rasante seleccionada.

Una de las actividades constructivas más frecuentes en las construcciones civiles son los movimientos de tierra necesarios para construir obras de ingeniería, explanadas para ubicar obras socio-económicas, campos deportivos y otras, siendo de gran importancia el realizar con adecuada precisión los volúmenes de tierra a mover.

2.2.12.2 Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Para determinar el volumen de movimiento de tierra que interviene para una rasante dada, se toman perfiles transversales a intervalos regulares a lo largo de rasante. En general, las

secciones transversales están separadas cada 10 metros, aunque a veces se aumenta esta distancia.

Un método común para determinar el volumen es el del promedio de las áreas extremas. Este procedimiento se basa en la suposición de que el volumen, entre dos secciones transversales consecutivas, es el promedio de sus áreas multiplicado por la distancia entre aquéllas, tal como se da en la siguiente ecuación.

$$V = \frac{L}{2} * (A1 + A2)$$

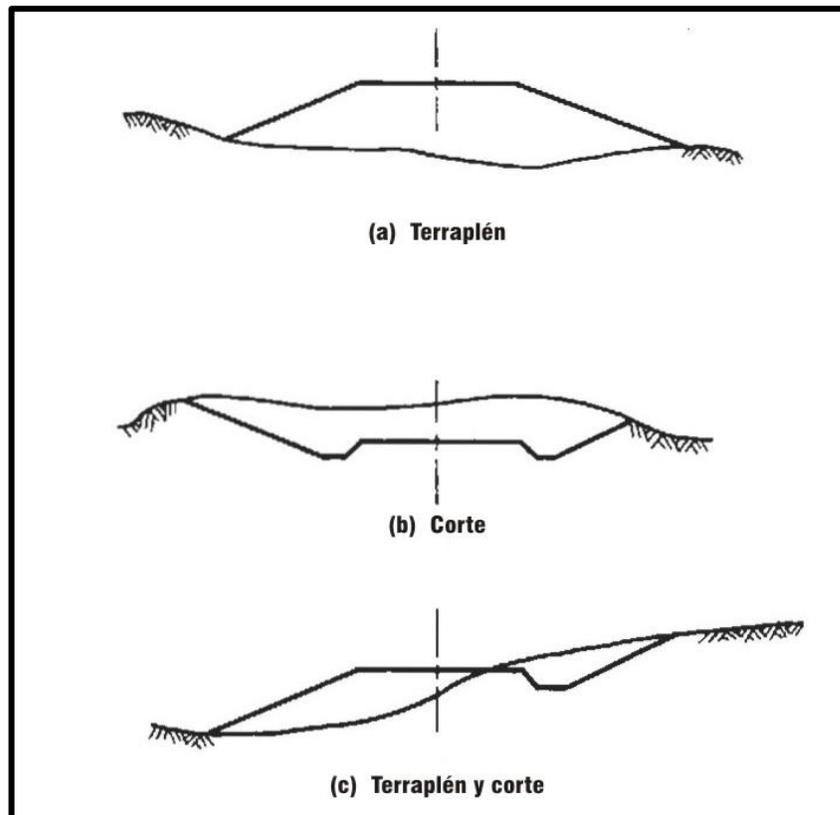
Donde:

V = Volumen (m³).

A1 y A2 = Áreas extremas (m²).

L = Distancia entre las secciones transversales (m).

Figura 2.15. Tipos de sección transversal.



Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

2.2.13 Mecánica de suelos

2.2.13.1 Estudio de la sub rasante

Básicamente esta investigación está orientada a conocer las características y la calidad de los suelos que constituyen el perfil de la sub rasante natural, en función al conocimiento del tipo de suelos a lo largo del trazado, su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, que permiten definir la aptitud de dichos materiales para ser utilizados como material de fundación del paquete estructural, aptitud resumida en el conocimiento de su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación de pavimentos flexibles o rígidos.

Deberán tener un diámetro máximo de partícula de 7.00 cm. El Índice de Soporte California (CBR), determinado por el ensayo AASHTO T-193, con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180-D y para la densidad seca correspondiente al 95% de la máxima determinada en este ensayo, deberá ser igual o mayor que la considerada para el dimensionamiento del pavimento (capa superior de los terraplenes).

2.2.13.2 Estudio del material cuerpo de terraplén

Los terraplenes son segmentos de la carretera cuya conformación requiere el depósito de materiales provenientes de cortes o préstamos dentro de los límites de las secciones de diseño que definen el cuerpo de la carretera.

La construcción de terraplenes comprende; esparcimiento, conveniente humedecimiento o desecación y compactación de los materiales provenientes de cortes o préstamos, para la construcción del cuerpo del terraplén, hasta los 40 cm por debajo de la cota correspondiente a la sub rasante.

En la ejecución del cuerpo de los terraplenes se utilizarán suelos con CBR igual o mayor que 4% y la expansión máxima de 4% correspondiente al 90% de la densidad seca máxima del ensayo AASHTO T- 180D y para el ensayo AASHTO T-193 respectivamente.

Cuando por motivos de orden económico el cuerpo del terraplén deba ser construido con materiales de soporte inferiores al indicado hasta el mínimo de 2%, se procederá al

aumento del grado de compactación o sustitución del material a modo de obtener el CBR mínimo indicado en la tabla siguiente:

Este procedimiento también se aplica a los tramos en corte o de terraplenes existentes.

Tabla 2.12. Relación de CBR con respecto a la profundidad.

Profundidad por debajo del nivel de la sub rasante (cm)	CBR mínimo requerido
60 a 90	3%
Mayor a 90	2%

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.13.3 Estudio de la capa sub base

Los materiales a ser empleados en la sub-base son suelos que presentan un índice de soporte de california (CBR) igual o mayor a 30% y una expansión máxima de 1% determinados con la energía de compactación de la AASHTO T-180 D.

Los requisitos de plasticidad son: límite líquido < 25 % e índice plástico > 6 %.

El agregado retenido en el tamiz N° 10 debe estar constituido por partículas duras y durables, la fracción fina que pase el tamiz N° 10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración. La fracción que pase el tamiz 200 será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz N° 40.

El diámetro máximo de agregado no será menor de 7.5 cm ni mayor que la mitad del espesor de la capa compactada. La ubicación de fuentes de explotación de estos materiales en su caso, será indicada o aprobada por el Ingeniero, según el informe del estudio de suelos. La sub-base será efectuada con materiales que cumplan con las siguientes granulometrías:

Tabla 2.13. Granulometría capa sub base.

Tamiz	Tipo de gradación		
	A	B	C
4"	100	-	-
3"	-	100	-
1 ½"	-	-	100
1"	-	-	-
¾"	-	-	-
3/8"	-	-	-
Nº 4	15 – 45	20 – 50	25 – 55
Nº 10	-	-	-
Nº 40	-	-	-
Nº 200	0 – 10	0 – 10	0 – 10

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.13.4 Estudio de la capa base

Las capas base son ejecutadas con materiales que cumplen los siguientes requisitos:

Deberán poseer una composición granulométrica encuadrada en una de las columnas de la siguiente tabla:

Tabla 2.14. (%) Por peso del material que pasa por tamices con malla cuadrada según AASHTO t-11 y t-27.

Tamiz	Tipo de graduación		
	A	B	C
2"	100	100	-
1"	-	75 - 95	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85
Nº4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
Nº10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
Nº40	8 - 20	15 - 30	15 - 30
Nº200	2 - 8	5 - 20	5 - 15

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

De la misma manera, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La fracción que pasa el tamiz N° 40 deberá tener un límite líquido inferior o igual (\leq) a 25% y un índice de plasticidad inferior o igual (\leq) a 6%. Pasando de estos límites, el equivalente de arena deberá ser mayor ($>$) que 30%.
- b) El porcentaje del material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder a 2/3 del porcentaje que pasa el tamiz N° 40.
- c) El índice de soporte de california no deberá ser inferior a 60% y la expansión máxima será de 0.5%, cuando sean determinados con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180 D.
- d) El agregado retenido en el tamiz N° 10 debe estar constituido de partículas duras durables, exentas de fragmentos blandos, alargados o laminados y exentos de materia vegetal, terrones de arcilla u otra sustancia perjudicial, los agregados gruesos deberán tener un desgaste no superior a 50% a 500 revoluciones, según lo determine el ensayo AASHTO T-96.

2.2.13.5 Estudio de la capa de rodadura o carpeta asfáltica

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas.

Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Las mezclas bituminosas se componen de una mezcla de materiales granulares y bituminosos en proporciones definidas.

Los porcentajes de agregados que pasen los tamices especificados, estarán en base al peso seco del agregado. Estos porcentajes deberán estar dentro de los límites detallados en la tabla de esta especificación presentada a continuación:

Tabla 2.15. (%) Peso que pasa por tamices de mallas cuadradas, AASHTO t-27.

Tamiz	Porcentaje, en peso, que pasa por los tamices de malla cuadrada – Método AASHTO T-27					
	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F
1½	100	-	-	-	-	-
1”	90 – 100	100	-	-	-	-
¾”	20 – 55	90 – 100	100	-	-	-
½”	0 – 10	20 – 55	90 – 100	100	-	-
3/8”	0 – 5	0 – 15	40 – 70	85 – 100	100	100
Nº. 4	-	0 – 5	0 – 15	10 – 30	85 – 100	85 – 100
Nº. 8	-	-	0 – 5	0 – 10	10 – 40	60 – 100
Nº. 100	-	-	-	-	-	0 – 10

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.14 Estudio de tráfico

En el presente capítulo se examina el tráfico como un componente muy significativo para el diseño de carreteras y caminos, por medio de una proyección del tráfico futuro de la zona del proyecto que nos permita determinar los espesores de cada capa que conforman un paquete estructural.

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos.

2.2.15 Determinación del tráfico promedio diario anual “TPDA”

Es el tráfico normal que son los estudios de intensidad del tránsito, estos se realizan mediante aforos para conocer el número de vehículos que se desplazan entre dos puntos, que sirven de base para determinar las estimaciones del tráfico promedio diario a considerar para el diseño de la vía en el tramo de estudio.

2.2.16 Proyección de tráfico

La parte fundamental de un estudio de tráfico consiste en la estimación de volúmenes futuros, esta estimación no es tarea fácil debido a la incertidumbre respecto a los cambios en la economía de un país y los cambios en los precios de mercancías originando cambios en la demanda de transporte.

La información recopilada permitirá efectuar el procesamiento y el análisis de la demanda, o más concretamente el análisis y cuantificación del tráfico vehicular futuro para el periodo de vida útil de la carretera.

Se refiere al incremento del volumen debido al aumento normal del uso de vehículos de acuerdo al tiempo de estudio.

Para la proyección del tráfico usamos el método de crecimiento aritmético:

Método Crecimiento Aritmético

$$TPDf = TPD_o \left(1 + i * \frac{t}{100} \right)$$

Las variables son tiempo “t” en años, índice de crecimiento “i” en % y el tráfico promedio diario “TPD”.

2.2.17 Tráfico generado

El mejoramiento de un camino determinado ocasiona el surgimiento del denominado tráfico generado, el cual se produce fundamentalmente por la reducción de los costos del transporte, disminución del tiempo de viaje, aumento de la comodidad, confort o seguridad en el viaje.

Tráfico generado = 5 % (Tráfico normal)

2.2.18 Tráfico inducido o atraído

El tráfico inducido se produce cuando existen rutas paralelas. Por ello, la pavimentación de una carretera puede atraer el tráfico de una ruta paralela, debido a las mayores velocidades que se imprimen en carreteras pavimentadas.

Para la determinación de ese tráfico se asumirá un valor del 5% del tráfico normal.

Tráfico inducido = 5 % (Tráfico normal)

2.2.19 Tránsito futuro

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, referido al TPDA del proyecto, deberá basarse en los incrementos de tránsito que se espera que utilicen el camino mejorado. Lo cual influye el crecimiento normal del tránsito (CNT), el tráfico inducido (TI) y el generado (TG)

$$Tf = CNT + TI + TG$$

Donde:

Crecimiento normal del tránsito (CNT),

Tráfico inducido (TI)

Tráfico generado (TG)

2.2.20 Diseño estructural

2.2.20.1 Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido a un costo razonable definida por el proyectista.

Tabla 2.16. Periodos de diseño.

Tipo de facilidad vial	Período de (en años)	
	análisis	diseño
Urbana de alto volumen	30 – 50	15-20 (30)
Interurbana de alto volumen	20 – 50	15-20 (30)
De bajo volumen		
° pavimentada con asfalto	15 – 25	5-12
° con rodamiento sin tratamiento (Base granular sin capa asfáltica)	10 – 20	5-8

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.20.2 Factores equivalentes de carga (LEF)

La conversión del tráfico a un número de ESAL's de 18 kips (carga de eje equivalente simple) se realiza utilizando factores equivalentes de carga FCE (factor equivalente de carga). Estos factores fueron determinados por la AASHTO en sus tramos de prueba, donde pavimentos similares se sometieron a diferentes configuraciones de ejes y cargas, con el fin de analizar el daño producido y la relación existente entre estas configuraciones y cargas a través del daño que producen.

El factor equivalente de carga FCE es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producida por el eje patrón de 18 kips.

$$FCE = \frac{1}{10^{4.79 \cdot \log(18+1) - 4.79 \cdot \log(L_x + L_2) + 4.33 \cdot \log L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}}}$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \cdot L_2^{3.23}}$$

$$G_t = \log \left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right)$$

Los factores equivalentes de carga de la AASHTO están tabulados en función a cuatro parámetros: tipo de eje (simple, tandem, tridem), índice de serviciabilidad final (2, 2,5 y 3), carga por eje, y número estructural SN del pavimento (de 1 a 6”).

2.2.20.3 Número total de ejes simples equivalentes (ESAL's)

Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

Dónde: $W_{18} = 365 \text{ (Días/Año)} * \%TV * TPDA * FCE \text{ (ejes 18 Kips/eje)}$

W18 = Número de reiteraciones de ejes equivalentes de 18000 Libras

%TV = Distribución Direccional

FCE = Factor Equivalente de Carga

TPDA = Tránsito promedio diario anual

2.2.21 Diseño del Tratamiento Superficial Doble

El diseño del tratamiento superficial doble, según la AASHTO, está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, a continuación, se describen las variables que se consideran en el método AASHTO:93.

2.2.21.1 Módulo de resiliencia

Dado que no siempre se cuenta con equipos para ejecutar un ensayo de módulo resiliente, es conveniente relacionarlo con otras propiedades de los materiales, por ejemplo, con respecto al CBR.

2.2.21.2 Índice de serviciabilidad

Se define el índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio final pt representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción.

El estado de serviciabilidad inicial se evalúa cuantitativamente con número entre 0 y 5.

Por lo general se parte de un valor inicial de 4 a 4.2 (estado bueno de la vía).

La serviciabilidad final se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 2.17. Serviciabilidad final.

Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano industrial	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.3 Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

Los valores anteriormente descritos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t$$

Donde:

PSI = Índice de servicio presente.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado.

p_o = Índice de servicio inicial.

p_t = Índice de servicio final.

2.2.21.4 Nivel de confianza y desviación estándar

El nivel de confianza es uno de los parámetros más importante introducido por la AASHTO para el diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las sollicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las sollicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Tabla 2.18. Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.

Tipo de caminos	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 – 80

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.5 Coeficiente de drenaje “Cd”

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento; y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje; la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.19. Capacidad del drenaje.

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

De acuerdo a las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección m_2 (bases) y m_3 (sub-bases granulares sin estabilizar), en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 2.20. Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales.

Capacidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximo a la saturación			
	Menos del 1%	1 a 5%	5 a 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.6 Determinación del número estructural “SN”

El método está basado en el cálculo del Número Estructural “SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone de la ecuación siguiente:

$$\log W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Donde:

W18 = Número de eje equivalentes expresados en ESAL.

R = Nivel de confiabilidad.

Zr = Desviación normal standard para el grado de confiabilidad R elegido.

So = Error standard combinado de las predicciones de tránsito y de comportamiento.

Pi = Serviciabilidad inicial.

Pt = Serviciabilidad final.

ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final.

Mr. = Módulo Resiliente de la Sub-rasante.

SN = Número estructural.

2.2.21.7 Determinación de espesores por capas

La estructura del tratamiento superficial doble está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias.

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta de la capa base y de la sub-base:

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Donde:

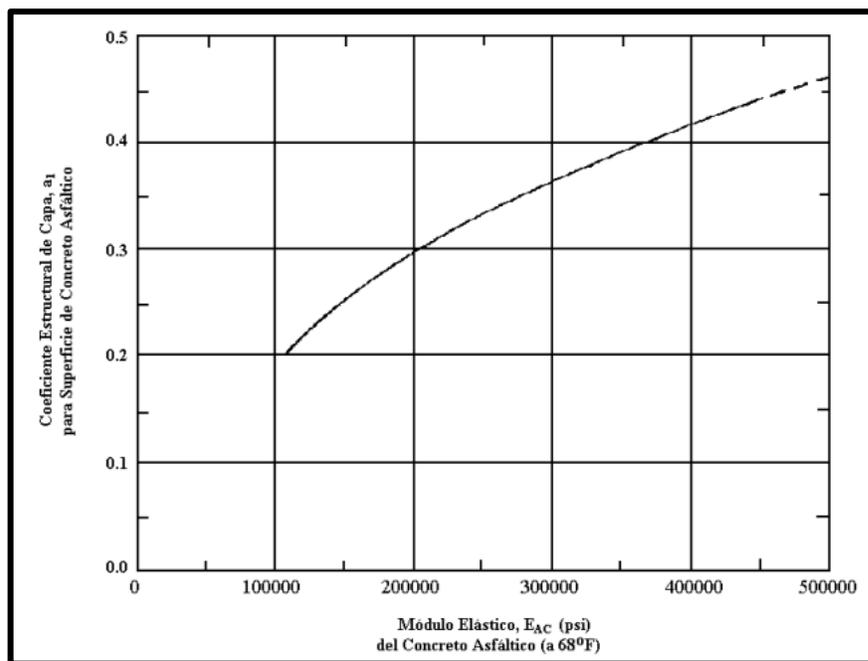
a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta, base y sub-base respectivamente.

h_1 , h_2 y h_3 = Espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub-base, respectivamente.

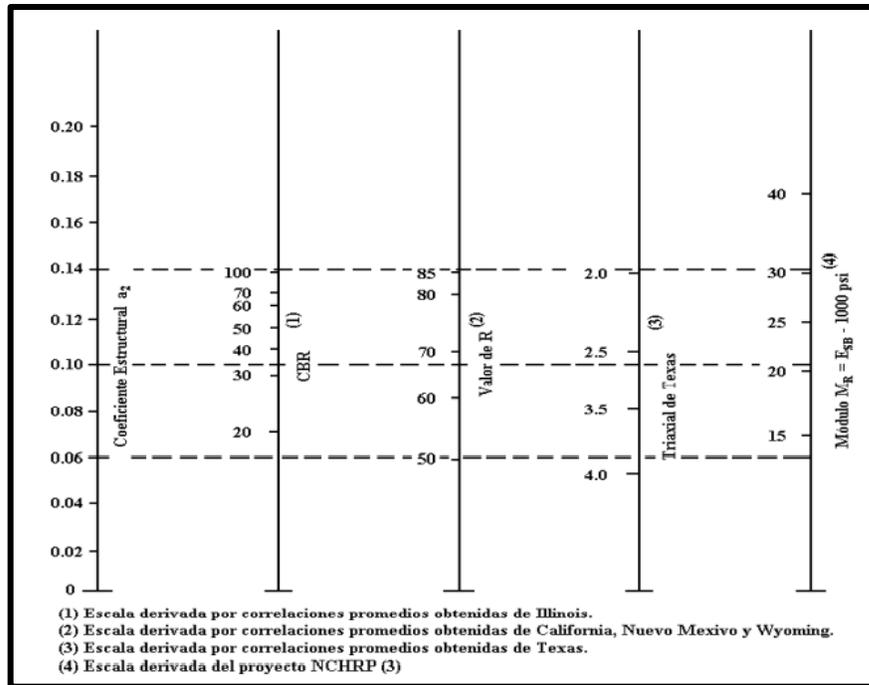
Los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Resiliente, Texas Triaxial, Valor R y CBR, tal como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 2.16. Ábaco para estimar el N° estructural de la carpeta asfáltica “a1”.



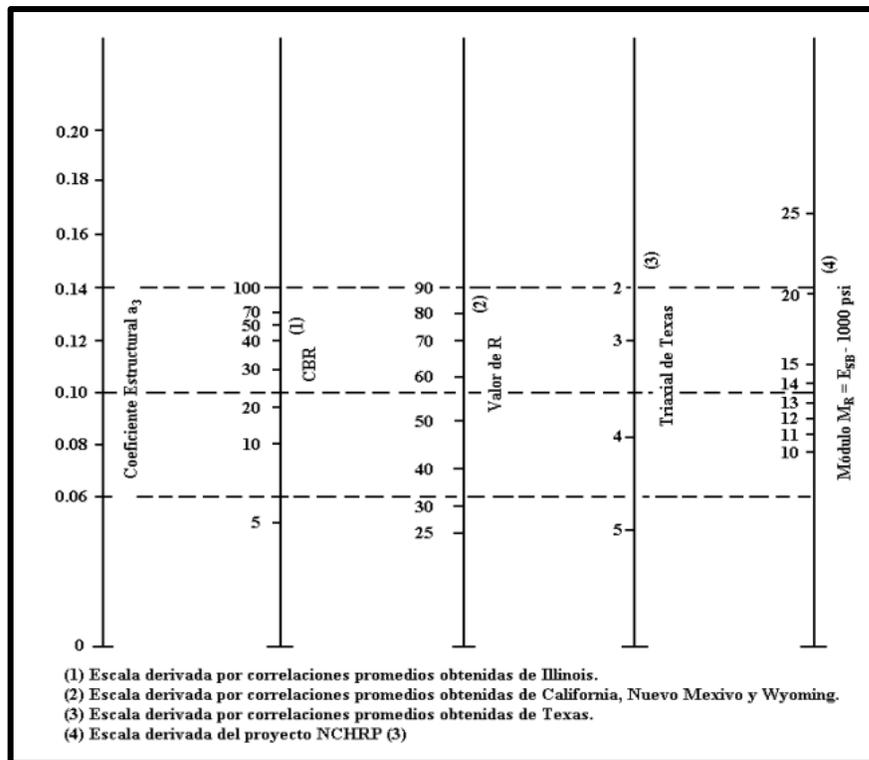
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura 2.17. Ábaco para estimar el N° estructural de la capa base “a2”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura 2.18. Ábaco para estimar el N° estructural de la sub-base “a3”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.22 Hidrología

La hidrología es la ciencia que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmosfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

La principal fuente de información climatológica en el país, es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Institución encargada del registro de todos los datos climatológicos e hidrológicos del país.

2.2.22.1 Determinación de parámetros estadísticos

Los parámetros estadísticos para el análisis hidrológico son los siguientes:

- **Media.** - La media de cada una de las series de máximos fue calculada con la siguiente expresión:

$$\bar{ht} = \frac{\sum_i^n ht_i}{n}$$

Donde:

\bar{ht} = Precipitación promedio anual en (mm)

ht = Precipitación máxima anual en (mm)

n = Número de años, correspondiente al periodo.

- **Desviación típica.** - Asimismo, para cada serie fue estimada la desviación standard.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_i^n (h_i - \bar{ht})^2}{n-1}}$$

Donde:

Sd = Desviación típica en (mm)

\bar{ht} = Precipitación promedio anual en (mm)

h = Precipitación máxima anual en (mm)

n = Número de años, correspondiente al periodo

- **Moda.** - También conocido como valor modal:

$$Ed = \bar{ht} - 0.45 * Sd\{ht\}$$

Donde:

Ed = Moda (mm)

\bar{ht} = Precipitación promedio anual en (mm)

Sd = Desviación típica en (mm)

- **Parámetro característico.** - Este parámetro fue calculado para las diferentes estaciones analizadas para las series de valores máximos en 24 horas.

Este parámetro caracteriza a una zona de igual clima, es decir que debe ser único y constante para el área de influencia hidrológica de la estación. Según la teoría probabilística este parámetro varía generalmente entre 0,5 y 1,5.

$$kt = \frac{Sd\{ht\}}{0.557 * Ed}$$

Donde:

K = Característica.

Sd = Desviación típica en (mm).

Ed = Moda (mm).

- **Moda ponderada:**

$$E_d = \frac{E_{t1} \cdot N_1 + E_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

Ed = Moda de cada estación (mm)

N = Número de datos de cada estación

- **Característica ponderada:**

$$K_{tp} = \frac{K_{t1} \cdot N_1 + K_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

K= Característica de cada estación

N = Número de datos de cada estación

2.2.22.2 Cálculo de alturas de precipitación máxima diaria

Para el cómputo de las precipitaciones máximas diarias para diferentes periodos de retorno se utiliza la Ley de Gumbell.

$$h_{dT} = E_D \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Donde:

hdT = Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno (mm)

Ed = Moda (mm).

Kd = Característica de la distribución.

T = Periodo de retorno (años)

2.2.22.3 Cálculo de alturas de precipitación máxima horaria

Se emplea la siguiente fórmula para el cálculo de las alturas de precipitación máxima horaria.

$$h_{tT} = Ed * \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta * [1 + Kd * \log(T)]$$

Donde:

Ed = Moda ponderada, la cual se adquiere de las precipitaciones máximas en 24 hrs. de las estaciones climatológicas estudiadas.

tc = Tiempo de concentración (hrs).

T = Periodo de Retorno (años).

Kd = Característica Ponderada.

β = entre 0,2 o 0,3

α = Equivalente de lluvia diaria que depende de la magnitud.

2.2.22.4 Intensidad máxima

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y de la frecuencia o período de retorno seleccionado para el diseño de la obra en cuestión.

2.2.23 Objetivo de la hidrología dentro del diseño de carreteras

El objetivo fundamental de la hidrología dentro del diseño de carreteras es el de obtener los caudales de diseño de las obras de drenaje necesarias para la correcta evacuación de agua proveniente de las precipitaciones sobre la carretera, ya sea drenaje transversal, superficial o sub superficial.

En términos simples, el estudio hidrológico se divide en 5 pasos característicos:

- Elección del período de retorno (T).
- Caracterización hidrográfica del área de estudio.
- Recopilación de datos meteorológicos.
- Análisis de los datos hidrológicos.
- Estimación de los caudales de diseño.

2.2.24 Drenaje transversal

Estas obras del proyecto vial, abarca obras transversales como longitudinales. Las primeras son las que permiten el paso de las corrientes hídricas por medio de alcantarillas, transversales o sesgadas. Las obras hidráulicas longitudinales comprenden las cunetas y todo tipo de obras de control que se ubican en ambos lados de la plataforma. Estas concentran el agua que se escurre desde la plataforma hacia ambos lados y que también provienen de los terrenos laterales para luego, conducirlos hacia las alcantarillas transversales y descargarlas en los cursos de agua o cauces existentes en la zona.

2.2.24.1 Tiempo de retorno

Se usan los siguientes tiempos de retorno para las estructuras hidráulicas de la ruta:

Tabla 2.21. Tiempo de retorno.

Drenaje de la plataforma:	5 años
Alcantarilla menor:	10 años
Alcantarilla mayor:	25 años
Puentes:	50 años

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.24.2 Tiempo de concentración

Hidrológicamente está demostrado que el caudal máximo en una corriente de agua para una sección particular de interés, se produce para una lluvia o tormenta cuya duración es igual al tiempo de concentración.

Para nuestro proyecto tomaremos un tiempo de concentración de 10 min.

2.2.24.3 Coeficientes de escurrimiento “C”

Con relación al coeficiente de escurrimiento C, éste depende, entre otros factores, de la pendiente de la cuenca y del río, del tipo de suelo, de la geología y de la vegetación.

Tabla 2.22. Coeficientes de escurrimiento “C”

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Ramírez, Maritza.2003. Hidrología Aplicada. Universidad de Los Andes

2.2.24.4 Coeficiente de rugosidad “n”

De acuerdo al material de las alcantarillas se obtendrán los coeficientes de rugosidad de Manning se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 2.23. Coeficientes de rugosidad.

Materiales	n
a) Hormigón	0,012
b) Metal Corrugado	
Ondulaciones estándar (68 mm x 13 mm)	0,024
25% revestido	0,021
Totalmente revestido	0,012
Ondulaciones medianas (76 mm x 25 mm)	0,027
25% revestido	0,023
Totalmente revestido	0,012
Ondulaciones grandes (152 mm x 51 mm)	
25% revestido	0,026
Totalmente revestido	0,012

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.24.5 Estimación de caudales máximos

Una vez que se tienen las relaciones intensidad – duración – periodo de retorno, se pueden estimar los caudales máximos usando el método o fórmula racional. Este método es usado, en general, para la estimación de caudales máximos en obras de alcantarillas en carreteras y otras obras de arte.

Método racional

La ecuación del método racional responde a la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s).

C = Coeficiente de escorrentía (relación entre la cantidad de agua que escurre entre el total de agua que se precipita).

I = Intensidad media máxima de precipitación (mm/hora), para una duración t y un periodo de retorno T.

A = Área de la cuenca o superficie drenada (km²).

2.2.25 Alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras hidráulicas ubicadas transversalmente al camino cuya función es permitir el paso de corrientes de aguas superficiales ya sean naturales o artificiales.

2.2.25.1 Diseño de alcantarillas

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es el establecido por la fórmula de Robert Manning para canales abiertos.

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

RH = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente de la Cuenca (m/m)

n = Coeficiente de Manning

2.2.25.2 Longitud de las alcantarillas

La longitud de las alcantarillas depende del ancho de la calzada del camino, de la altura del terraplén de su talud y del ángulo de esviajado de la misma con respecto a la carretera.

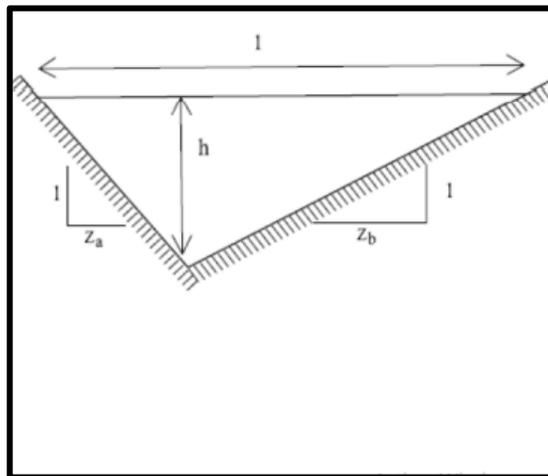
2.2.26 Diseño de cunetas

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la carretera en el lado del corte. Permiten recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los del área comprendida por la vía y el coronamiento del corte.

Sección tipo

Esta sección fue diseñada observando las condiciones constructivas bajo las cuales la misma será materializada; en este caso se asume que las cunetas de corte serán construidas antes de la colocación de la carpeta asfáltica, utilizando para este fin una motoniveladora.

Figura 2.19. Sección tipo de cuneta.



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Ecuaciones

$$\text{I} \quad Q = \frac{1}{n} ARh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{II} \quad V = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{III} \quad Rh = \frac{(Za + Zb)y}{2((1 + Za^2)^{0,5} + (1 + Zb^2)^{0,5})}$$

$$\text{IV} \quad T = (Za + Zb)y$$

El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas, cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

2.2.27 Estabilidad de taludes

El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

- Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.
- Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

El análisis de estabilidad consiste en determinar el Factor de seguridad (FS), que es la relación entre la resistencia cortante admisible del suelo y el esfuerzo cortante actual.

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

FS = Factor de seguridad, se recomienda mayor a 1

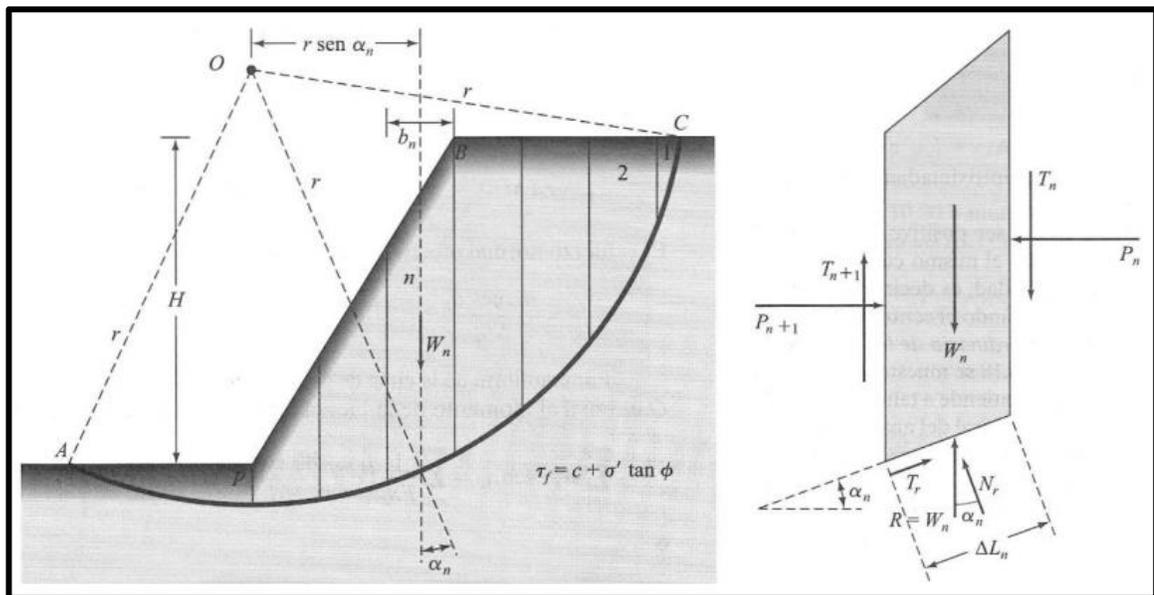
τ_f = Resistencia cortante admisible del suelo

τ_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie de falla

2.2.27.1 Método de las dovelas o Spencer (1967)

También denominado Método sueco, en este procedimiento, el suelo sobre la superficie de deslizamiento, se divide en varias dovelas verticales paralelas. La estabilidad de cada dovela se calcula separadamente.

Figura 2.20. Método de las dovelas.



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/16109075/>

AC es el arco de la superficie de falla.

El ancho de la dovela no necesariamente es el mismo.

Se considera una longitud perpendicular unitaria.

W_n es el peso de la dovela.

N_r y T_r son las fuerzas normales y tangencial de la reacción R.

P_n y P_{n+1} son las fuerzas normales que actúan sobre los lados de la dovela. Asumimos que tienen el mismo valor, por tanto, se eliminan.

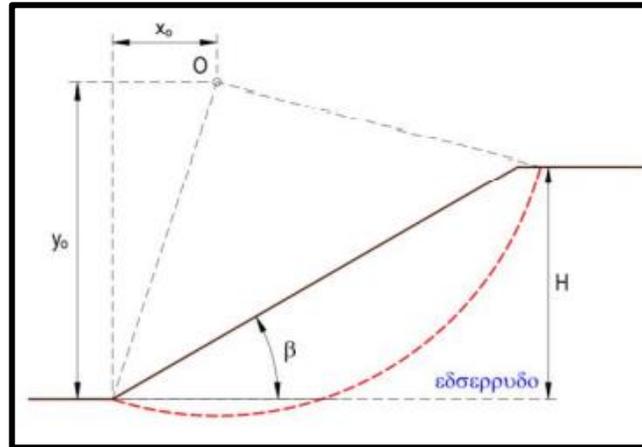
T_n y T_{n+1} son las fuerzas tangenciales que actúan sobre los lados de la dovela, se asume de igual magnitud, por lo tanto, se eliminan.

$$FS = \frac{\sum(C * \Delta L_n + W_n * \cos \alpha_n * \tan \phi)}{\sum W_n * \sin \alpha_n}$$

$$FS \geq 1$$

2.2.27.2 Determinación del centro del círculo de falla

Figura 2.21. Centro del círculo de fallas.



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/16109075/>

El lugar geométrico probable del círculo de falla, puede calcularse de manera aproximada con las siguientes ecuaciones:

$$x_o = H * \cot \beta * (0,6 - \tan \phi)$$

$$y_o = H * \cot \beta * (0,6 + 2 * \tan \phi)$$

ϕ = Ángulo de fricción interno

β = Ángulo del talud

2.2.28 Señalización

2.2.28.1 Introducción

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada, esto con el fin de que pueda llevarse en forma segura, fluida, ordenada y cómoda; todo esto se podrá lograr con una señalización de tránsito diseñada adecuadamente.

Por medio de la señalización se indica a los usuarios de las vías, la forma correcta y segura de transitar por ésta, con el único propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

Es importante conocer los criterios técnicos básicos para el diseño de los dispositivos de control de tránsito, para ellos se tomará como base del estudio al Manual de Dispositivos para el control de Tránsito de la ABC.

2.2.28.2 Requisitos que deben cumplir los dispositivos de control de tránsito

Todo dispositivo para el control del tránsito deberá satisfacer los siguientes requisitos fundamentales para cumplir integralmente su objetivo:

- a) Debe ser necesaria.** - Satisfacer una necesidad para el adecuado desenvolvimiento del tránsito. Cuando se coloca un dispositivo donde no se requiere, no sólo resulta inútil sino perjudicial.
- b) Debe ser visible y llamar la atención.** - Atraer la atención del usuario. Todo dispositivo debe ser advertido por el público.
- c) Debe ser legible y fácil de entender.** - Transmitir un mensaje claro y sencillo. La indicación suministrada por un dispositivo debe ser concisa y clara para que sea interpretada rápidamente.
- d) Debe infundir respeto.** - Infundir respeto a los usuarios de la vía. Los usuarios deben ser compelidos, por la sensación que brinde el dispositivo, a respetar la indicación que éste transmite.
- e) Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente.** - Permitir suficiente tiempo y espacio para una respuesta adecuada. Los dispositivos deben tener un diseño y colocarse de modo que el usuario, al advertirlos, tenga suficiente tiempo y

espacio para efectuar la maniobra o realizar la acción requerida conforme lo dispongan los mensajes.

f) Debe contar con una instalación adecuada. - Instalar en forma adecuada los dispositivos, y emplear materiales de alta calidad que garanticen su duración. Para conseguir los propósitos antes mencionados, deben tenerse en cuenta los siguientes factores básicos: Diseño, ubicación, operación, uniformidad y Mantenimiento.

2.2.28.3 Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Las señales verticales deberían usarse solamente donde se justifiquen según un análisis de necesidades y estudios de campo. Las señales son esenciales donde rigen regulaciones especiales, tanto en lugares específicos como durante períodos de tiempo específicos, o donde los peligros no sean evidentes para los usuarios. Las señales verticales también suministran información sobre rutas, direcciones, destinos, puntos de interés y otras informaciones que se consideren necesarias.

Desde el punto de vista funcional, las señales se clasifican en:

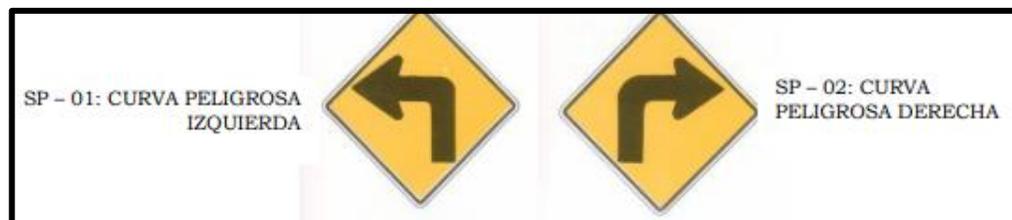
- Señales preventivas.
- Señales reglamentarias.
- Señales informativas.

2.2.28.4 Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP.

Estas señales persiguen que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, porque el uso innecesario de ellas, tiende a disminuir el respeto y obediencia a toda la señalización en general.

Figura 2.22. Señales preventivas.



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.28.5 Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito y acarrea las sanciones previstas en la Ley.

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Estas señales se identifican con el código SR.

Figura 2.23. Señales reglamentarias.



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

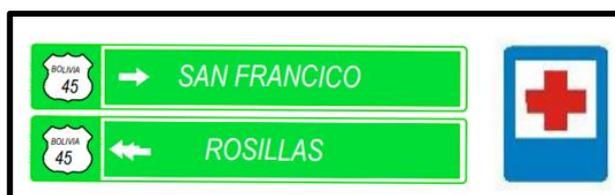
2.2.28.6 Señales informativas

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos,

direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.

Las señales informativas están diseñadas para brindar información al usuario de la carretera, suministrando información necesaria que se refiere principalmente a la identificación de poblaciones, destinos, direcciones, intersecciones y cruzamientos, prestación de servicios, etc.

Figura 2.24. Señales informativas.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.28.7 Señales horizontales

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

2.2.28.8 Líneas longitudinales

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella.

Una línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

Las zonas de no adelantar deben ser establecidas, además de los lugares en que exista una distancia de visibilidad de adelantamiento menor a la distancia de adelantamiento mínima.

Esta última distancia, es la necesaria para que el vehículo abandone su pista, pase al vehículo que lo precede y retome su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo que está adelantado, ni la de otro que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

Tabla 2.24. Distancia mínima de adelantamiento.

Velocidad máxima (Km/m)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.28.9 Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas.

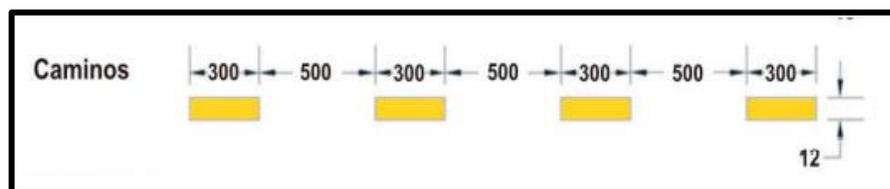
Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

a) Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

Figura 2.25. Diseño línea amarilla discontinua.

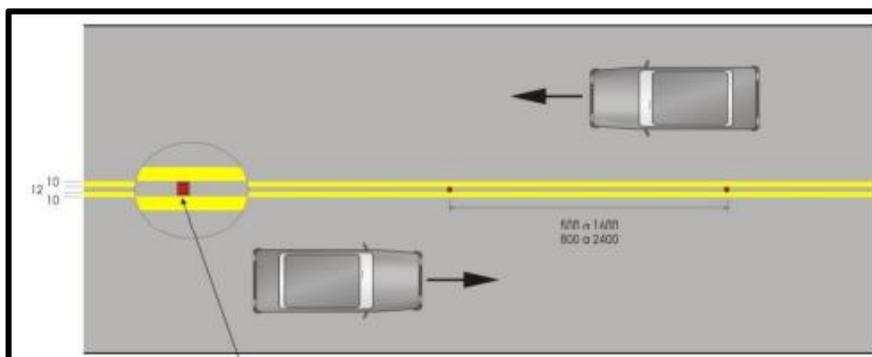


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

b) Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Figura 2.26. Diseño doble línea amarilla continua.

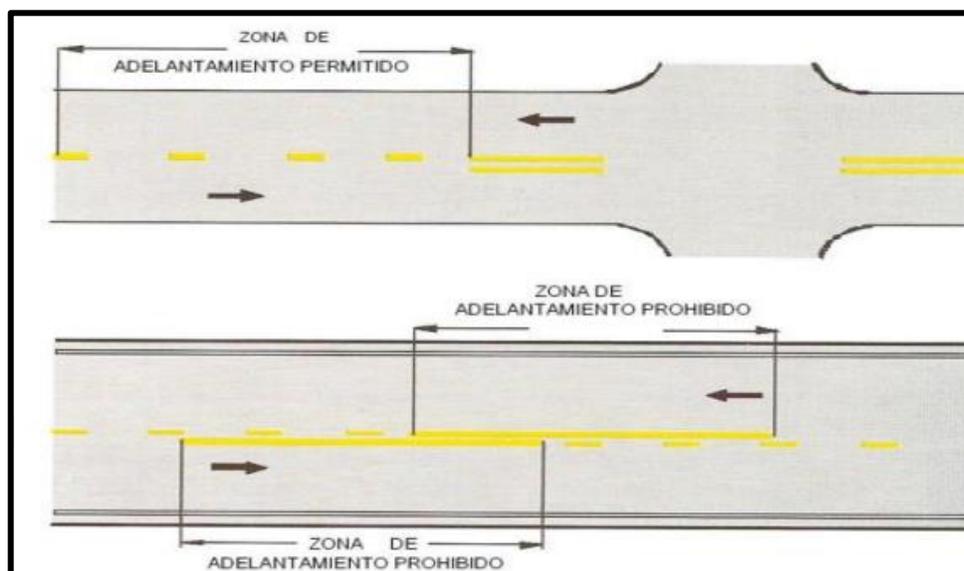


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

c) Línea doble amarilla continua y discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida sólo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.

Figura 2.27. Diseño doble línea amarilla continua y discontinua.



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

d) Línea Continua

La línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente sobre ésta.

2.2.29 Presupuesto del proyecto

2.2.29.1 Cómputos métricos

El cómputo métrico es la cuantificación o determinación de volumen, superficie, etc. de los materiales necesarios para ejecución de cada ítem del proyecto y para luego, poder determinar el costo del proyecto.

Ítem

Son las actividades valoradas en unidades determinadas a través de la unidad que puede apreciarse al efectuar el presupuesto, las mismas pueden ser longitud, superficie, volumen, peso; sin embargo, algunas de ellas por su naturaleza o complejidad, solamente pueden medirse en forma global.

2.2.29.2 Precios unitarios

Es el importe de la remuneración o pago total, que debe cubrirse al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que se realice.

Unidad del ítem: puede definirse como la unidad de medición que se señala en las especificaciones técnicas, como base para cuantificar cada concepto de trabajo para fines de medición y pago.

Para la confección de las planillas de análisis, costos y precios unitarios se ha establecido la participación de los siguientes conceptos básicos.

- Materiales
- Mano de obra
- Cargas sociales

- Impuestos IVA
- Maquinaria y equipo de construcción
- Gastos generales y administrativos
- Utilidad
- Impuestos IT

- **Materiales**

Es el primer componente que tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

- **Mano de obra**

La mano de obra, se halla condicionada a dos factores:

- El precio que pagan por ella o salario.
- El tiempo de ejecución de la unidad de obra o rendimiento y a tres sistemas de trabajo, a jornal, a contrato y destajo.

Los costos indirectos de la mano de obra se calculan basados en varios criterios, englobados en las cargas sociales, que incluyen rubros como: aportes, vacaciones, licencias y enfermedad, días efectivamente trabajados, costos de campamento y alimentación.

- **Cargas sociales**

Las cargas sociales relacionadas con la mano de obra se dividen en dos categorías:

- Cargas de aplicación directa (inmediata).
- Cargas de aplicación diferida.

Las cargas de aplicación directa comprenden los aportes que efectúa el empleador al sistema del seguro social y a los beneficios que recibe el empleado de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Las cargas de aplicación diferida se refieren a los compromisos que el empleador asume con el empleado, en forma voluntaria o forzosa, de acuerdo a circunstancias especiales como: rescisión del contrato de trabajo, días no trabajados por feriados, licencias, y otros.

- **Incidencia por subsidios**

A partir del 1 de enero de 1993 en cumplimiento a las previsiones contenidas en el artículo 2do. Del D. S. No. 23410 del 16 de febrero de 1993, que modifica la cuantía del salario mínimo nacional, los subsidios, prenatal, natalidad, lactancia y sepelio, cuya obligación está a cargo de la empresa o los empleadores, según lo dispuesto por el D. S. 21637 en su art. 25 de junio de 1987 deben considerarse dentro de la estructura de costos.

- **Incidencia por seguridad industrial e higiene**

En la Ley general del trabajo, existe la ley general de higiene, seguridad ocupacional y bienestar (Decreto Ley N° 16998 del 2 de agosto de 1979), la cual recomienda la utilización de implementos de seguridad.

- **Influencia del IVA**

La influencia del impuesto al valor agregado afecta la estructura del precio unitario con un 14.94% del costo de Mano de Obra, puesto que los precios de materiales utilizados en la estructura de la planilla ya incluyen este Impuesto.

- **Maquinaria y equipo**

Para seleccionar el equipo y la maquinaria a utilizar en la construcción del proyecto, se toman en cuenta la potencia, capacidad de trabajo y condiciones de operabilidad del equipo.

Rendimiento de equipos

El rendimiento de los equipos, se entiende como la cantidad de unidades a producirse en una cierta tarea y en un tiempo determinado, por lo general en una hora de trabajo.

- **Gastos generales y administrativos**

Otro de los porcentajes con el que se mayor el precio unitario es el de los gastos generales, este considera todos los gastos operacionales indirectos como ser los administrativos, seguros, garantías, etc.

- **Utilidades**

Es el beneficio que busca la empresa en la realización de las obras, y por consiguiente su fijación en porcentaje es difícil de determinar. Normalmente se suele utilizar el valor del 10% del Costo parcial del Ítem (Costo Parcial más Gastos Generales).

- **Influencia del IT**

Los impuestos a las transacciones, tienen su incidencia en la estructura del precio unitario con un 3,09% del costo del Subtotal de la actividad.

2.2.30 Software

- **Autodesk AutoCAD Civil 3D**

Es un software dirigido al diseño y generación de documentación para una gran variedad de proyectos de ingeniería civil que soporta los flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling): carreteras y vías de alta capacidad (autovías/autopistas) con todo tipo de complejidad, ferrocarriles, aeropuertos, etc.

- **GUIA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)**

Para el cálculo de los espesores se usará al programa.

POR: Luis Ricardo Vásquez Varela Ingeniero Civil. Manizales. Colombia. 2006

- **H CANALES V3.0.**

Para el cálculo y diseño de cunetas y alcantarillas, programa de Máximo Villón Béjar.

- **PRESCOM 2020**

Para el cálculo de costos y presupuestos de la obra.

- **SLIDE**

Para el análisis de estabilidad de taludes.

2.3 Marco referencial

- ✓ **Universidad mayor de San Andrés** “Facultad de Tecnología Carrera de Topografía y Geodesia” - “Levantamiento topográfico georreferenciado para el diseño final de una carretera de acuerdo a normas vigentes” **postulante: José Félix Gutiérrez Chambi.**
- ✓ **Universidad católica (Colombia)** “Facultad de Ingeniería Especialización Gerencia de Obras” - proyecto de trabajo de grado “seguimiento y control para la obra de infraestructura vial bajo la metodología Pimentel municipio de Madrid Cundinamarca” **Deiner Alexander Sarmiento Sarmiento, John Mauricio Sosa Méndez, Gustavo Andrés Sánchez Ruiz y Geimer Angarita Navarro.**
- ✓ **Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña** “Facultad de Estudios a Distancia Tecnología en Obras Civiles” - Análisis del estado de la vía terciaria de la vereda el chorro en el municipio de Abrego **Wilder Orlando Casa Diegos Angarita, Frey Julián coronel Tarazona.**
- ✓ **Universidad nacional del altiplano** “Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura” - “Evaluación del diseño manual de diseño geométrico.
- ✓ **Manual de diseño de conservación vial ABC.**

2.4 Análisis de aporte teórico

En el proyecto analizado del “**DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DEL CAMINO TRAMO ROSILLAS-SAN FRANCISCO**”, con el aporte del alcance de la justificación mencionado en el capítulo I, hace conocer las características del terreno, su geografía, sus condiciones, el diseño el cual se debe adecuar a un plan vial que cumpla las normas y parámetros de diseño establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Con el aporte del marco conceptual y marco normativo, se tiene la base teórica y conceptual sobre la que se sustenta el proyecto de diseño, ya que proporciona y organiza las normas y parámetros para nuestro diseño estructural.

Es de vital importancia realizar un estudio responsable, basado a las normas mencionadas anteriormente y todos los conocimientos adquiridos en el aula.

Según las normas del manual de diseño geométrico, el diseño estructural de ingeniería vial se puede realizar sin ningún inconveniente, pero si se necesita de más horas de práctica con los softwares, para el diseño geométrico por el tipo de zona que este implica, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

La extracción de las muestras se realizará de acuerdo a lo indicado en clases, cumpliendo los espesores y profundidades, toda muestra extraída debe ser mayor a 25 kilogramos para las distintas prácticas que se realizarán en laboratorio.

En mecánica de suelos, al efectuar el muestreo y el estudio de estos en laboratorio, debe ser realizado con precaución, para así obtener su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, que permiten definir la aptitud de dichos materiales para ser utilizados como material de fundación del paquete estructural, aptitud resumida en el conocimiento de su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación del tratamiento superficial doble.

Para el estudio hidrológico, se tomarán tres estaciones como datos para el cálculo de caudales, lo aprendido en aulas indica que solo se deben tomar las estaciones más cercanas al tramo y que tengan las mismas propiedades físicas.

Identificar todos los aportes, se dividen en sub cuencas para obtener los caudales de cada sub cuenca. Diseñar las obras de drenaje necesarias para la correcta evacuación de agua, proveniente de las precipitaciones sobre la carretera, ya sea drenaje transversal, superficial o sub superficial.

El estudio de muestreo y tráfico debe realizarse como indica la norma, siete días; el estudio debe realizarse en los puntos específicos de la ruta.

Es de vital importancia para las localidades poder unir las rutas de la zona con las rutas principales que unen al departamento de Tarija.

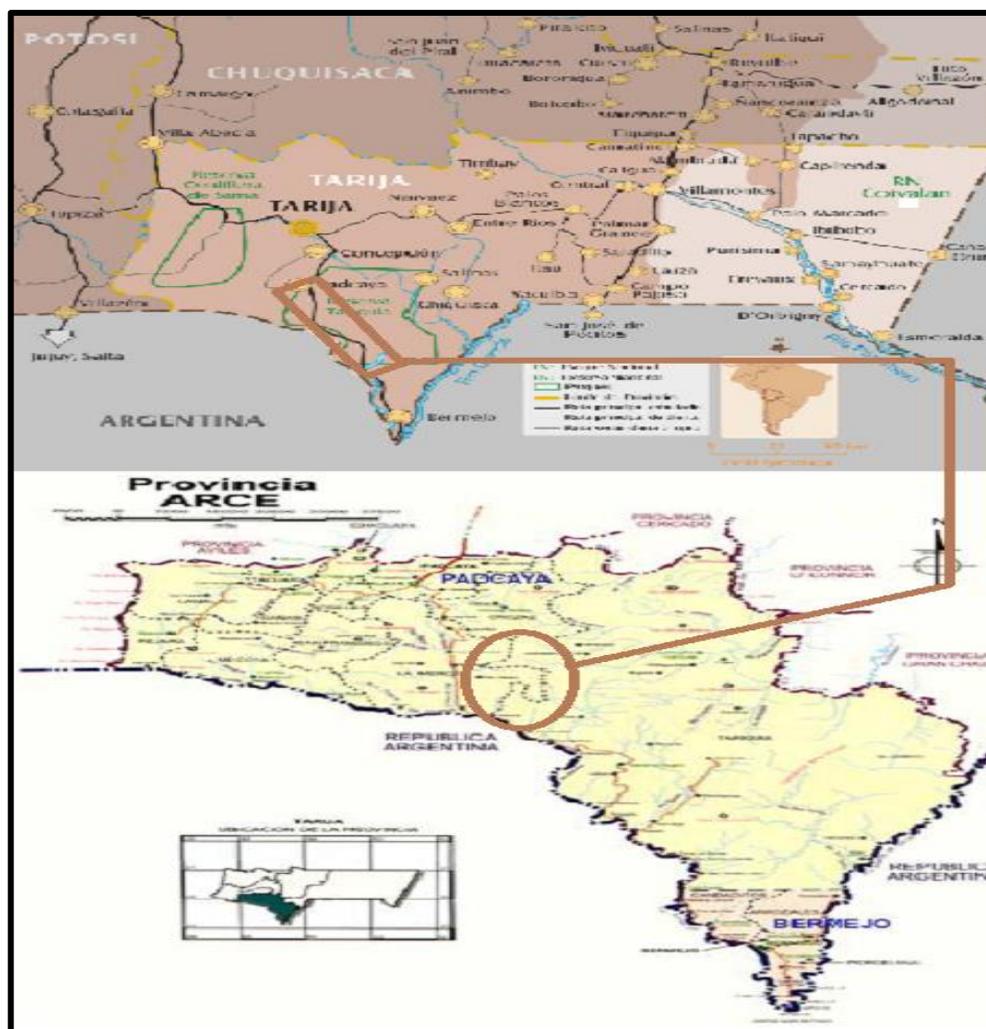
CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 Criterios de diseño metodológico

3.2 Localización

Imagen 3.1. Ubicación del proyecto (mapa referencial).



Fuente: Elaboración propia.

País:	Bolivia.
Departamento:	Tarija.
Provincia:	Arce.
Municipio:	Padcaya.
Distritos:	N° 2 y 6

3.3 Puntos principales de la zona

Ubicamos la ruta Rosillas - San Francisco mediante coordenadas Geográficas y UTM.

Las coordenadas geométricas de la ruta son:

Rosillas entre 21° 57' 03.46" S y 64° 47' 31,43" O

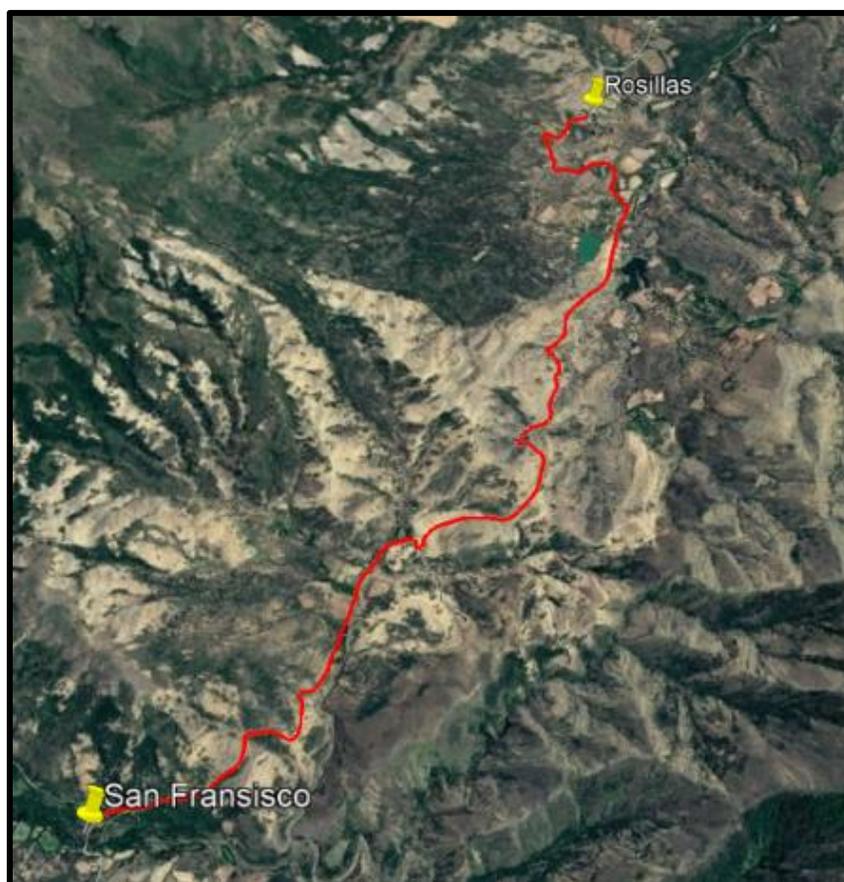
San Francisco entre 21° 58' 59.93" S y 64° 48' 38,72" O

Las coordenadas UTM de la ruta son:

Rosillas entre 314936.10 m E y 7571518.93 m S

San Francisco entre 313048.00 m E y 7567914.00 m S

Imagen 3.2. Ubicación del proyecto (mapa referencial).



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Límites territoriales

La provincia Arce limita al sur con la República Argentina, al norte con las provincias Avilés y Cercado; al este con las provincias O'Connor y Gran Chaco y al oeste con la provincia Avilés. La primera sección o municipio de Padcaya, por constituir el 81% del territorio provincial, tiene como límites norte, este y oeste, los mismos de la provincia, es decir, las provincias Avilés, Cercado, O'Connor y Gran Chaco, variando solamente al sur donde limita con la segunda sección y la República Argentina.

3.5 Acceso a la zona de proyecto

El territorio del municipio de Padcaya, comprende una extensión territorial de 4.225,17 km², y representa aproximadamente el 81% del espacio geográfico provincial, que tiene una extensión de 5.205,00 km²; el 12% del territorio departamental y un 0,39% del territorio nacional; según datos proporcionados por el zonisig Tarija.

Desde el municipio de Padcaya hasta el cruce de Rosillas se encuentra a una distancia de 6,45 km. Luego, desde el cruce de Rosillas hasta la comunidad San Francisco separa una distancia de 8,8 km.

3.6 Factores abióticos

3.6.1 Altura

La fluctuación altitudinal del municipio oscila desde los 4500 m.s.n.m. en las cumbres más altas de las serranías de Rajará, ubicadas en el lado oeste del municipio, hasta los 500 m.s.n.m. en las partes más bajas, ubicadas en los márgenes del Río Grande de Tarija, comunidades de San Francisco San Telmo, Santa Clara, San Antonio, Trementinal y Valle Dorado.

3.6.2 Superficie

El Municipio tiene una superficie de 4225,17 km² y cuenta con una población de 18,681 habitantes (según el Censo INE 2012).

3.6.3 Clima

En el municipio se presentan varios tipos climáticos determinados por la orografía, altitud sobre el nivel del mar principalmente. En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración, principalmente en el Sub andino.

3.6.4 Precipitación pluvial

La temperatura media anual es de 16,7 °C, con una máxima y mínima promedio de 24,6 °C y 8,8 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a septiembre. La humedad relativo promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidad promedio de 2,6 Km/h.

3.6.5 Hidrografía

a) Fuentes de agua, disponibilidad y características el municipio de Padcaya y el departamento de Tarija, tienen dos fuentes importantísimas de agua, tal es el caso de las reservas de flora y fauna Tariquía y biológica cordillera de Sama. En el caso de la RNFFT, por encontrarse la mayor parte dentro del municipio, se constituye en la fuente de agua del presente y del futuro.

b) Cuencas, sub cuencas y ríos existentes. Las cuencas que se encuentran en el municipio de Padcaya, pertenecen a la cuenca del río Bermejo que tiene una superficie de 12,000 km² y comprende el 32% del departamento de Tarija, ésta a su vez, forma parte de la cuenca del Río de La Plata.

3.7 Factores bióticos

3.7.1 Plantas

El bosque montano, por encima de los 1500 msnm, en el que se encuentran bosques oligo-específicos de pino de monte (*Podocarpus parlatorei*) y aliso (*Alnus acuminata*). En estos bosques se pueden encontrar unas 112 especies arbóreas, siendo las más comunes el cebil (*Anadenanthera colubrina*), la tipa (*Tipuana tipu*), el cedro (*Cedrela lilloi*), y muchas especies de la familia de las mirtáceas.

También se encuentra especies no maderables como la Tusca, Churqui negro, Bramilla de campo, Jubilla, etc.

3.7.2 Animales

En la región se puede distinguir una variedad de animales vacunos (vacas), y ovinos (ovejas) así como también caprinos (cabras) y camélidos (llamas).

También se puede distinguir una variedad de aves silvestres como buitres, águila, perdices, etc.

3.8 Factores económicos

Agropecuaria intensiva con cultivos anuales y vacunos, donde se cultiva papa, maíz, algunas hortalizas y frutales a riego; está combinada con la ganadería intensiva de leche, el forraje proviene de pastos introducidos o sembrados como alfa alfa, trébol rojo, gramíneas anuales como avena forrajera, maíz forrajero, chala de maíz y finalmente el forraje proveniente de los pastizales de sustitución. Los productos de esta actividad son la leche y derivados de la misma cuyo principal mercado es la Planta Industrializadora de Leche (PIL) en la ciudad de Tarija. La ganadería de leche es una actividad económica muy importante, motivo por el cual cada año se realiza la feria de la leche y sus derivados en la comunidad de Rosillas.

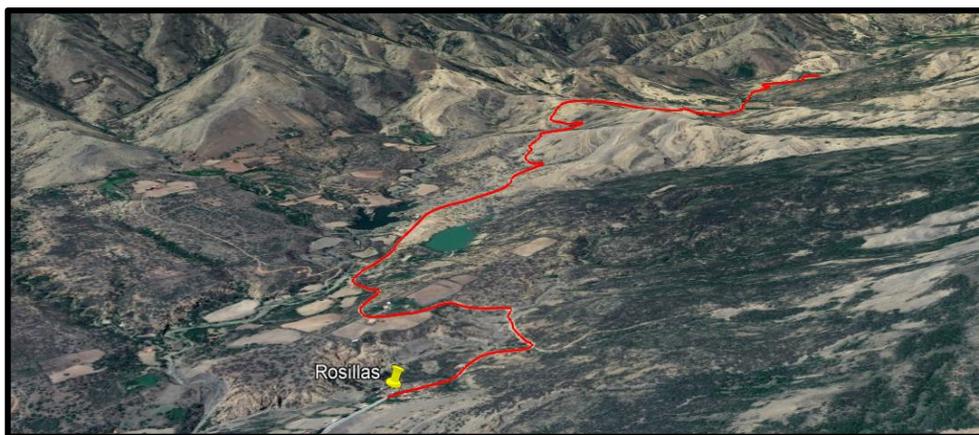
3.9 Estudios complementarios

3.9.1 Topografía

Imagen satelital Google Earth

La imagen satelital del Google Earth nos ayuda a describir el terreno del lugar de estudio, como ser la cobertura vegetal, zonas de erosión, localizar los ríos, lagunas, quebradas y otros detalles que interfieran en el estudio topográfico y diseño geométrico vial.

Imagen 3.3. Trazo de levantamiento topográfico.



Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de los BMs

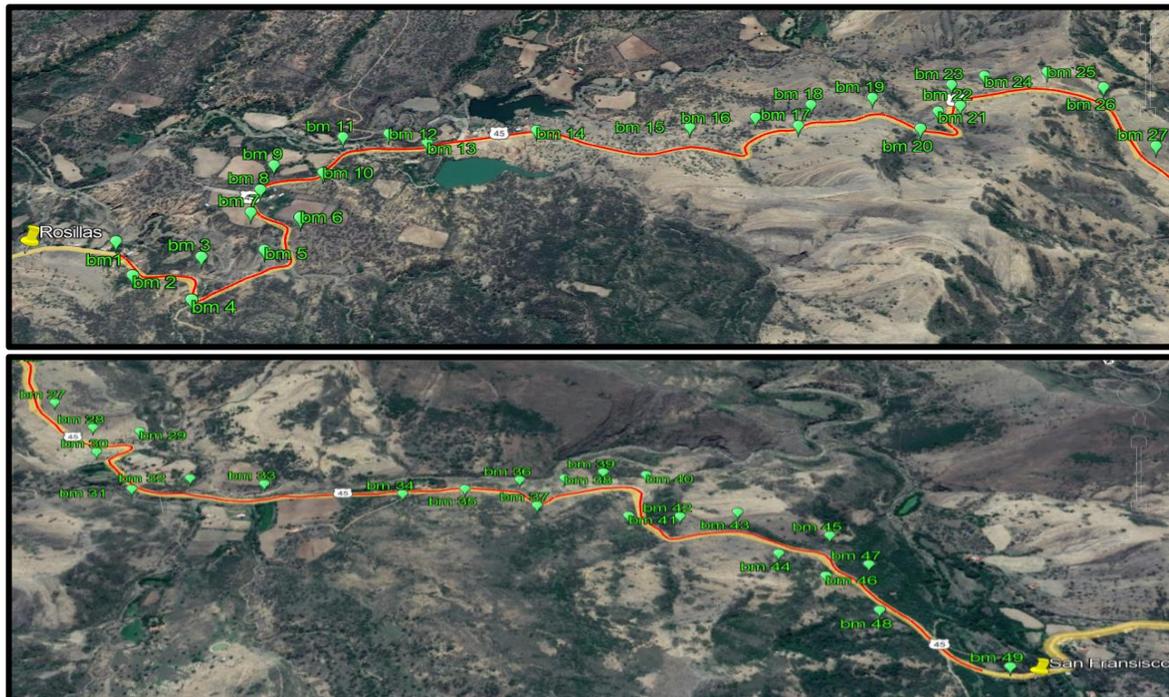
El levantamiento topográfico fue realizado por funcionarios de la Gobernación del Departamento de Tarija – Sección Aniceto Arce y a solicitud de mi persona, los datos de dicho levantamiento me fueron facilitados en medio digital.

Con estos datos se procedió a identificar la ubicación de los BMs con el apoyo del programa Google Earth, para su posterior verificación.

El levantamiento topográfico fue realizado por funcionarios de la Gobernación del Departamento de Tarija – Sección Aniceto Arce y a solicitud de mi persona, los datos de dicho levantamiento me fueron facilitados en medio digital.

Para estar seguros del levantamiento topográfico proporcionado se procedió a la verificación de los BMs, con la ayuda del equipo GPS RTK se hizo el replanteo de los BMs a lo largo de la vía.

Imagen 3.4. Mapa Ubicación de BMs.



Fuente: Elaboración propia.

Verificación de los BMs

Para estar seguros del levantamiento topográfico proporcionado por SEDECA, se procedió a la verificación de los BMs, con la ayuda del equipo GPS RTK se hizo el replanteo de los BMs a lo largo de la vía.

Imagen 3.5. Verificación de puntos BMs.



Fuente: Elaboración propia.

Ajuste de los BMs

Primeramente, se procederá a corregir las cotas de los puntos.

Tabla 3.1. Reporte de BM'S.

Código	Este	Norte	Altura	Código	Este	Norte	Altura
P. INICIO	314945.112	7571528.113	2160.993	BM25	314605.420	7569251.160	2258.906
BM1	314839.054	7571478.927	2164.200	BM26	314398.550	7569255.830	2238.827
BM2	314810.700	7571385.690	2169.762	BM27	314283.490	7569210.260	2226.548
BM3	314722.150	7571380.230	2171.951	BM28	314241.320	7569127.670	2219.935
BM4	314772.780	7571208.890	2168.481	BM29	314202.680	7569177.010	2212.167
BM5	314882.540	7571155.930	2174.892	BM30	314088.790	7569134.900	2199.946
BM6	314949.890	7571204.660	2178.997	BM31	314060.750	7569079.590	2193.755
BM7	315035.410	7571209.420	2173.990	BM32	313996.430	7568959.330	2186.049
BM8	315054.520	7571143.570	2168.002	BM33	313935.700	7568710.220	2189.994
BM9	315037.650	7571060.890	2162.991	BM34	313901.970	7568594.300	2197.999
BM10	315109.170	7570974.190	2154.985	BM35	313853.619	7568508.027	2203.994
BM11	315085.410	7570877.470	2160.168	BM36	313799.540	7568480.670	2203.678
BM12	315056.770	7570789.830	2173.023	BM37	313816.090	7568448.570	2206.994
BM13	315017.370	7570538.210	2189.221	BM38	313813.950	7568370.336	2214.994
BM14	314822.680	7570209.110	2205.008	BM39	313792.540	7568305.910	2212.085
BM15	314796.330	7570047.840	2210.715	BM40	313689.259	7568335.561	2212.993
BM16	314783.890	7569961.820	2220.406	BM41	313612.280	7568313.220	2209.175
BM17	314792.470	7569913.440	2226.028	BM42	313597.240	7568196.510	2219.234
BM18	314763.880	7569755.970	2237.000	BM43	313518.500	7568129.390	2213.049
BM19	314673.900	7569691.050	2232.986	BM44	313487.550	7568082.144	2208.609
BM20	314663.040	7569616.980	2240.983	BM45	313428.650	7568080.480	2207.198
BM21	314687.100	7569606.310	2243.657	BM46	313394.346	7568059.770	2204.874
BM22	314736.760	7569548.310	2253.043	BM47	313313.856	7568051.729	2200.816
BM23	314722.010	7569456.640	2259.833	P. FINAL	313070.350	7567945.710	2192.686
BM24	314686.720	7569341.690	2265.000				

Tabla 3.2. Reporte de BM'S mediante GPS RTK.

Código	Este	Norte	Altura	Código	Este	Norte	Altura
P. INICIO	314945.112	7571528.113	2159.742	BM 25	314605.420	7569251.160	2257.657
BM 1	314839.054	7571478.927	2162.948	BM 26	314398.550	7569255.830	2237.578
BM 2	314810.700	7571385.690	2168.513	BM 27	314283.490	7569210.260	2225.297
BM 3	314722.150	7571380.230	2170.700	BM 28	314241.320	7569127.670	2218.687
BM 4	314772.780	7571208.890	2167.229	BM 29	314202.680	7569177.010	2210.915
BM 5	314882.540	7571155.930	2173.641	BM 30	314088.790	7569134.900	2198.697
BM 6	314949.890	7571204.660	2177.746	BM 31	314060.750	7569079.590	2192.504
BM 7	315035.410	7571209.420	2172.741	BM 32	313996.430	7568959.330	2184.799
BM 8	315054.520	7571143.570	2166.751	BM 33	313935.700	7568710.220	2188.744
BM 9	315037.650	7571060.890	2161.743	BM 34	313901.970	7568594.300	2196.751
BM 10	315109.170	7570974.190	2153.732	BM 35	313853.619	7568508.027	2202.743
BM 11	315085.410	7570877.470	2158.917	BM 36	313799.540	7568480.670	2202.431
BM 12	315056.770	7570789.830	2171.775	BM 37	313816.090	7568448.570	2205.744
BM 13	315017.370	7570538.210	2187.971	BM 38	313813.950	7568370.336	2213.744
BM 14	314822.680	7570209.110	2203.757	BM 39	313792.540	7568305.910	2210.833
BM 15	314796.330	7570047.840	2209.462	BM 40	313689.259	7568335.561	2211.745
BM 16	314783.890	7569961.820	2219.156	BM 41	313612.280	7568313.220	2207.924
BM 17	314792.470	7569913.440	2224.779	BM 42	313597.240	7568196.510	2217.984
BM 18	314763.880	7569755.970	2235.749	BM 43	313518.500	7568129.390	2211.801
BM 19	314673.900	7569691.050	2231.735	BM 44	313487.550	7568082.144	2207.360
BM 20	314663.040	7569616.980	2239.734	BM 45	313428.650	7568080.480	2205.945
BM 21	314687.100	7569606.310	2242.409	BM 46	313394.346	7568059.770	2203.624
BM 22	314736.760	7569548.310	2251.792	BM 47	313313.856	7568051.729	2199.569
BM 23	314722.010	7569456.640	2258.583	P. FINAL	313070.350	7567945.710	2191.437
BM 24	314686.720	7569341.690	2263.750				

Desnivel

$$\text{Desnivel} = \text{Cota Anterior} - \text{Cota Estacion}$$

Promedio de Desnivel

$$\text{Prom desn} = \frac{\text{Desn ida} + \text{Desn vuelta}}{2}$$

Cotas corregidas

$$\text{Cota corregida} = \text{Cota Anterior} + \text{Prom desn}$$

Tabla 3.3. Planilla cotas corregidas.

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA.

Código	Desniveles		Prom.	Cotas	Código	Desniveles		Prom.	Cotas
	Ida	Vuelta				Ida	Vuelta		
P. INICIO				2159.742	BM 25	6.094	6.093	6.094	2257.656
BM 1	-3.207	-3.206	-3.207	2162.949	BM 26	20.079	20.079	20.079	2237.577
BM 2	-5.561	-5.565	-5.563	2168.512	BM 27	12.279	12.281	12.280	2225.297
BM 3	-2.189	-2.187	-2.188	2170.700	BM 28	6.613	6.610	6.611	2218.686
BM 4	3.469	3.471	3.470	2167.230	BM 29	7.769	7.772	7.770	2210.915
BM 5	-6.410	-6.412	-6.411	2173.641	BM 30	12.220	12.218	12.219	2198.696
BM 6	-4.105	-4.105	-4.105	2177.746	BM 31	6.192	6.193	6.192	2192.504
BM 7	5.008	5.005	5.006	2172.740	BM 32	7.706	7.705	7.705	2184.798
BM 8	5.988	5.990	5.989	2166.751	BM 33	-3.945	-3.945	-3.945	2188.743
BM 9	5.011	5.008	5.009	2161.741	BM 34	-8.005	-8.007	-8.006	2196.749
BM 10	8.006	8.011	8.008	2153.733	BM 35	-5.995	-5.992	-5.993	2202.743
BM 11	-5.183	-5.185	-5.184	2158.917	BM 36	0.316	0.312	0.314	2202.429
BM 12	-12.854	-12.858	-12.856	2171.773	BM 37	-3.316	-3.313	-3.315	2205.743
BM 13	-16.199	-16.196	-16.197	2187.971	BM 38	-8.001	-8.000	-8.000	2213.744
BM 14	-15.787	-15.786	-15.786	2203.757	BM 39	2.909	2.911	2.910	2210.834
BM 15	-5.707	-5.705	-5.706	2209.463	BM 40	-0.908	-0.912	-0.910	2211.743
BM 16	-9.690	-9.694	-9.692	2219.155	BM 41	3.818	3.821	3.819	2207.924
BM 17	-5.623	-5.623	-5.623	2224.778	BM 42	-10.058	-10.060	-10.059	2217.983
BM 18	-10.972	-10.970	-10.971	2235.749	BM 43	6.184	6.183	6.184	2211.800
BM 19	4.014	4.014	4.014	2231.735	BM 44	4.440	4.441	4.440	2207.359
BM 20	-7.996	-7.999	-7.998	2239.733	BM 45	1.411	1.415	1.413	2205.946
BM 21	-2.675	-2.675	-2.675	2242.408	BM 46	2.324	2.321	2.323	2203.623
BM 22	-9.385	-9.383	-9.384	2251.792	BM 47	4.058	4.055	4.057	2199.567
BM 23	-6.791	-6.791	-6.791	2258.583	P. FINAL	8.130	8.132	8.131	2191.436
BM 24	-5.167	-5.167	-5.167	2263.749					

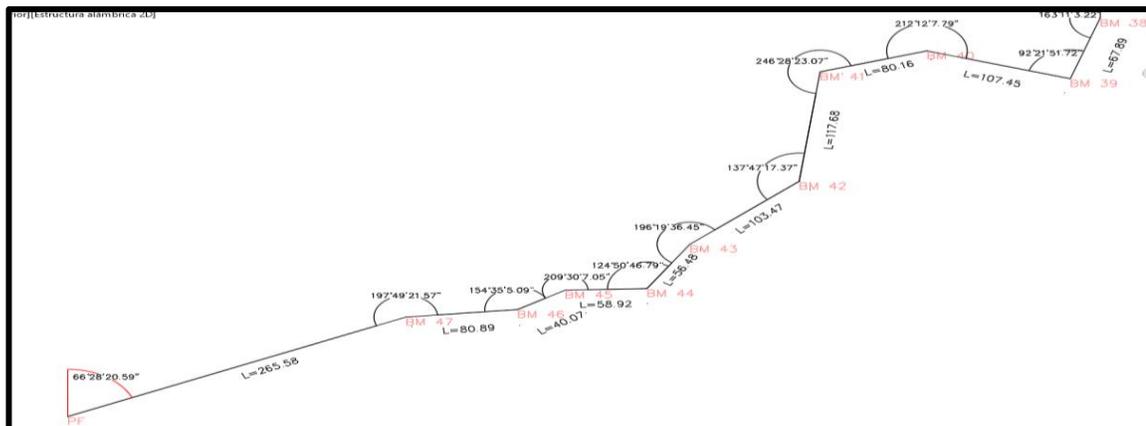
Proceso y ajuste de Línea Base

Con el apoyo del programa Civil 3D se procedió a graficar los puntos de BMs, trazando así nuestra poligonal abierta.

Se observo que hay una desfase el cual nos indica que hay q realizar un ajuste a los puntos, se procedió a medir los ángulos de los vértices y las distancias entre cada punto.

replanteo de los BMs a lo largo de la vía.

Imagen 3.6. Poligonal abierta.



Fuente: Elaboración propia.

Se convirtió los ángulos a grados decimales

$$197^{\circ} 49' 21.57'' = 197^{\circ} + \left(\frac{49}{60}\right)^{\circ} + \left(\frac{21.57}{3600}\right)^{\circ}$$

$$197^{\circ} 49' 21.57'' = 192.8227^{\circ}$$

Después se procedió a calcular los azimuts

$$Az = (Az \text{ anterior} + \angle \text{vértice}) \pm 180^{\circ}$$

Cálculo del error angular

$$Err = Az \text{ calculado} - Az \text{ dato}$$

Az calculado = 65.1198

ERROR
-0.004197

Az dato = 65.1245

Cálculo de la tolerancia

Para poligonales de mediana precisión la tolerancia angular es:

$$Ta = \pm 30\sqrt{n}$$

n = número de vértices

Si el error angular es menor q la tolerancia, se procede a la corrección

$$Ta > Err$$

TOLERANCIA	
SEGUNDOS	DECIMAL
205.67	0.0571

$$0.0571 > 0.004197 \quad \mathbf{ok}$$

Una vez calculado el error se procese a calcular un Δ angular para posteriormente distribuir uniformemente en todos los azimuts obteniendo así los azimuts corregidos.

Se procede a calcular las proyecciones Este y Norte mediante las siguientes ecuaciones:

Cota Norte

$$N = distancia * \cos (azimut\ corregido)$$

Cota Este

$$N = distancia * \sen (azimut\ corregido)$$

	COORDENADAS DATO	
	N	E
INICIO	7567945.71	313070.35
FINAL	7571528.113	314945.112
DIF. =	3582.403	1874.762

$$\text{Error Norte} = \sum(N\ proyectada) - Dif\ N\ dato$$

$$\text{Error Este} = \sum(N\ proyectada - Dif\ E\ dato)$$

ERROR LINEAL	
N	E
0.053	-0.009
-0.053	0.009

Una vez calculado el error se procese a calcular un Δ lineal para posteriormente distribuir en todas las cotas Este y Norte obteniendo así las coordenadas corregidas mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta N = \sum Distancias * \frac{Dist_i}{Err N}$$

$$\Delta E = \sum Distancias * \frac{Dist_i}{Err E}$$

Tabla 3.4. Resumen de las coordenadas corregidas.

Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
	N	E		N	E
PI	7571528.11	314945.112	BM25	7569251.15	314605.389
BM1	7571478.94	314839.05	BM26	7569255.83	314398.544
BM2	7571385.7	314810.689	BM27	7569210.27	314283.482
BM3	7571380.25	314722.2	BM28	7569127.68	314241.309
BM4	7571208.91	314772.816	BM29	7569176.98	314202.707
BM5	7571155.92	314882.621	BM30	7569134.87	314088.815
BM6	7571204.65	314949.974	BM31	7569079.56	314060.774
BM7	7571209.4	315035.494	BM32	7568959.3	313996.45
BM8	7571143.55	315054.599	BM33	7568710.2	313935.714
BM9	7571060.87	315037.724	BM34	7568594.28	313901.981
BM10	7570974.17	315109.237	BM35	7568508.01	313853.628
BM11	7570877.45	315085.471	BM36	7568480.65	313799.548
BM12	7570789.81	315056.826	BM37	7568448.55	313816.097
BM13	7570538.2	315017.412	BM38	7568370.32	313813.956
BM14	7570209.11	314822.703	BM39	7568305.9	313792.545
BM15	7570047.84	314796.344	BM40	7568335.55	313689.264
BM16	7569961.82	314783.9	BM41	7568313.21	313612.285
BM17	7569913.44	314792.477	BM42	7568196.5	313597.244
BM18	7569755.98	314763.879	BM43	7568129.38	313518.503
BM19	7569691.06	314673.896	BM44	7568082.14	313487.553
BM20	7569616.99	314663.033	BM45	7568080.48	313428.652
BM21	7569606.32	314687.092	BM46	7568059.77	313394.348
BM22	7569548.32	314736.749	BM47	7568051.73	313313.857
BM23	7569456.65	314721.995	PF	7567945.71	313070.35
BM24	7569341.68	314686.693			

Tabla 3.5. Planilla de cálculo de corrección de azimut.

Punto	Ángulos				Azimut	Corrección	Azimut corregido		Distancia
	G	M	S	Decimal			Decimal	Radian	
PF					66.4724		66.4724	1.1602	265.585
BM47	197	49	21.57	197.8227	84.2950	-0.000089	84.2951	1.4712	80.891
BM46	154	35	5.09	154.5847	58.8798	-0.000179	58.8800	1.0277	40.071
BM45	209	30	7.05	209.5020	88.3818	-0.000268	88.3820	1.5426	58.924
BM44	124	50	46.79	124.8463	33.2281	-0.000357	33.2284	0.5799	56.481
BM43	196	19	36.45	196.3268	49.5549	-0.000447	49.5553	0.8649	103.465
BM42	137	47	17.37	137.7882	7.3430	-0.000536	7.3436	0.1282	117.675
BM41	246	28	23.07	246.4731	73.8161	-0.000625	73.8167	1.2883	80.155
BM40	212	12	7.79	212.2022	106.0183	-0.000714	106.0190	1.8504	107.453
BM39	92	21	51.72	92.3644	18.3826	-0.000804	18.3834	0.3209	67.890
BM38	163	11	3.22	163.1842	1.5669	-0.000893	1.5678	0.0274	78.263
BM37	151	9	30.86	151.1586	332.7254	-0.000982	332.7264	5.8072	36.115
BM36	270	26	27.72	270.4410	63.1665	-0.001072	63.1675	1.1025	60.605
BM35	146	6	5.84	146.1016	29.2681	-0.001161	29.2693	0.5108	98.898
BM34	166	57	20.38	166.9557	16.2238	-0.001250	16.2250	0.2832	120.728
BM33	177	28	37.23	177.4770	13.7008	-0.001340	13.7021	0.2391	256.406
BM32	194	26	20.18	194.4389	28.1397	-0.001429	28.1411	0.4912	136.380
BM31	178	44	36.65	178.7435	26.8832	-0.001518	26.8847	0.4692	62.012
BM30	222	49	30.98	222.8253	69.7085	-0.001607	69.7101	1.2167	121.426
BM29	252	13	32.46	252.2257	141.9342	-0.001697	141.9359	2.4773	62.610
BM28	65	6	51.95	65.1144	27.0486	-0.001786	27.0504	0.4721	92.733
BM27	221	20	42.51	221.3451	68.3937	-0.001875	68.3956	1.1937	123.756
BM26	202	53	58.05	202.8995	91.2932	-0.001965	91.2952	1.5934	206.898
BM25	130	37	55.39	130.6321	41.9253	-0.002054	41.9273	0.7318	121.677
BM24	155	8	28.98	155.1414	17.0666	-0.002143	17.0688	0.2979	120.271
BM23	172	4	26.7	172.0741	9.1407	-0.002233	9.1430	0.1596	92.849
BM22	130	17	20.05	130.2889	319.4296	-0.002322	319.4319	5.5752	76.355
BM21	154	29	11.18	154.4864	293.9161	-0.002411	293.9185	5.1299	26.320
BM20	254	25	30.34	254.4251	8.3412	-0.002500	8.3437	0.1456	74.862
BM19	225	50	55.05	225.8486	54.1898	-0.002590	54.1924	0.9458	110.955
BM18	136	6	2.33	136.1006	10.2904	-0.002679	10.2931	0.1796	160.044
BM17	159	39	10.61	159.6529	349.9434	-0.002768	349.9461	6.1077	49.135
BM16	198	17	7.94	198.2855	8.2289	-0.002858	8.2318	0.1437	86.915
BM15	181	3	2.41	181.0507	9.2796	-0.002947	9.2825	0.1620	163.409
BM14	201	19	41.7	201.3283	30.6078	-0.003036	30.6109	0.5343	382.376
BM13	158	17	29.66	158.2916	8.8994	-0.003126	8.9025	0.1554	254.686
BM12	189	11	51.12	189.1975	18.0969	-0.003215	18.1002	0.3159	92.201
BM11	175	42	17.6	175.7049	13.8018	-0.003304	13.8051	0.2409	99.596

BM10	126	40	42.53	126.6785	320.4803	-0.003393	320.4837	5.5935	112.392
BM9	231	3	7.18	231.0520	11.5323	-0.003483	11.5358	0.2013	84.384
BM8	152	17	4.9	152.2847	343.8170	-0.003572	343.8206	6.0008	68.567
BM7	102	59	50.02	102.9972	266.8142	-0.003661	266.8179	4.6569	85.652
BM6	147	17	55.53	147.2988	234.1130	-0.003751	234.1167	4.0861	83.130
BM5	241	38	40.76	241.6447	295.7576	-0.003840	295.7615	5.1620	121.924
BM4	227	46	48.87	227.7802	343.5379	-0.003929	343.5418	5.9959	178.664
BM3	282	56	1.38	282.9337	86.4716	-0.004019	86.4756	1.5093	88.657
BM2	110	26	35.75	110.4433	16.9149	-0.004108	16.9190	0.2953	97.453
BM1	228	12	17.66	228.2049	65.1198	-0.004197	65.1240	1.1366	116.908
PI									
TOTAL									5384.802

Azimut inicio			
G	M	S	DECIMAL
66	28	20.59	66.4724

Error
-0.004197

Azimut final dato			
G	M	S	Decimal
65	7	26.27	65.1240

Tolerancia	
Segundos	Decimal
205.67	0.0571

N° VÉRTICES= 47

Tabla 3.6. Planilla de cálculo de corrección de coordenadas.

Proyecciones		Corrección		Proyección corregida.		Coordenadas	
N	E	N	E	N	E	N	E
106.018482	243.5066195	-0.002596619	0.000458866	106.015885	243.507078	7567945.710	313070.350
8.04063321	80.49038513	-0.00079087	0.00013976	8.03984234	80.4905249	7568051.726	313313.857
20.7099181	34.30429031	-0.000391773	6.92328E-05	20.7095263	34.3043595	7568059.766	313394.348
1.66352799	58.90051316	-0.000576099	0.000101806	1.66295189	58.900615	7568080.475	313428.652
47.2458874	30.95043601	-0.000552214	9.75853E-05	47.2453351	30.9505336	7568082.138	313487.553
67.1189911	78.74037881	-0.001011575	0.000178762	67.1179795	78.7405576	7568129.384	313518.503
116.709771	15.04111052	-0.001150506	0.000203313	116.70862	15.0413138	7568196.502	313597.244
22.3398229	76.97893438	-0.000783674	0.000138488	22.3390392	76.9790729	7568313.210	313612.285
-29.652729	103.2805057	-0.001050566	0.000185652	-29.65378	103.280691	7568335.549	313689.264
64.4253674	21.41084152	-0.000663759	0.000117297	64.4247036	21.4109588	7568305.895	313792.545
78.2337036	2.141210699	-0.000765176	0.000135219	78.2329385	2.14134592	7568370.320	313813.956
32.1002702	-16.5488935	-0.000353096	6.23978E-05	32.0999171	-16.548831	7568448.553	313816.097
27.3559353	54.0797451	-0.000592534	0.000104711	27.3553427	54.0798498	7568480.653	313799.548
86.2718097	48.35275851	-0.000966924	0.000170871	86.2708428	48.3529294	7568508.008	313853.628
115.919604	33.7327038	-0.001180355	0.000208588	115.918424	33.7329124	7568594.279	313901.981
249.108763	60.73599417	-0.002506876	0.000443007	249.106256	60.7364372	7568710.198	313935.714
120.258246	64.32308052	-0.001333385	0.000235631	120.256913	64.3233162	7568959.304	313996.450
55.309592	28.04170418	-0.00060629	0.000107141	55.3089857	28.0418113	7569079.561	314060.774

42.1066213	113.8916411	-0.00118718	0.000209794	42.1054341	113.891851	7569134.870	314088.815
-49.294399	38.60148083	-0.000612137	0.000108175	-49.295011	38.601589	7569176.975	314202.707
82.5886067	42.17263716	-0.000906649	0.00016022	82.5877001	42.1727974	7569127.680	314241.309
45.566103	115.0620606	-0.00120996	0.00021382	45.5648931	115.062274	7569210.268	314283.482
-4.6772785	206.8451244	-0.002022838	0.000357469	-4.6793013	206.845482	7569255.833	314398.544
90.5267188	81.30317041	-0.001189634	0.000210228	90.5255291	81.3033806	7569251.153	314605.389
114.97341	35.30195996	-0.001175887	0.000207799	114.972234	35.3021678	7569341.679	314686.693
91.6693447	14.75357703	-0.000907783	0.00016042	91.668437	14.7537374	7569456.651	314721.995
58.0025026	-49.6567792	-0.000746521	0.000131923	58.0017561	-49.656647	7569548.320	314736.749
10.6713726	-24.059597	-0.00025733	4.54745E-05	10.6711153	-24.059551	7569606.321	314687.092
74.0696203	10.86325901	-0.000731924	0.000129343	74.0688884	10.8633883	7569616.993	314663.033
64.9157628	89.98308602	-0.001084805	0.000191703	64.914678	89.9832777	7569691.061	314673.896
157.468327	28.59734336	-0.001564747	0.000276517	157.466762	28.5976199	7569755.976	314763.879
48.38061	-8.57699246	-0.000480392	8.48932E-05	48.3801296	-8.5769076	7569913.443	314792.477
86.0195096	12.444324	-0.000849766	0.000150168	86.0186598	12.4444742	7569961.823	314783.900
161.26914	26.35840961	-0.001597646	0.000282331	161.267542	26.3586919	7570047.842	314796.344
329.089918	194.708067	-0.003738482	0.000660652	329.086179	194.708728	7570209.109	314822.703
251.617791	39.41377659	-0.00249006	0.000440035	251.615301	39.4142166	7570538.195	315017.412
87.6384029	28.64497745	-0.000901447	0.000159301	87.6375015	28.6451368	7570789.811	315056.826
96.7189481	23.76569593	-0.000973748	0.000172077	96.7179743	23.765868	7570877.448	315085.471
86.7050262	-71.5136357	-0.001098854	0.000194186	86.7039274	-71.513442	7570974.166	315109.237
82.6794347	16.8751456	-0.000825021	0.000145795	82.6786096	16.8752914	7571060.870	315037.724
65.8515886	-19.1050196	-0.000670378	0.000118467	65.8509182	-19.104901	7571143.549	315054.599
-4.7535952	-85.5199885	-0.000837418	0.000147986	-4.7544326	-85.519841	7571209.400	315035.494
-48.724821	-67.353461	-0.00081276	0.000143628	-48.725634	-67.353317	7571204.645	314949.974
52.9926292	-109.805478	-0.001192048	0.000210655	52.9914371	-109.80527	7571155.920	314882.621
171.344262	-50.6158958	-0.001746794	0.000308687	171.342515	-50.615587	7571208.911	314772.816
5.44972818	88.48934462	-0.000866798	0.000153177	5.44886138	88.4894978	7571380.253	314722.200
93.2349503	28.3607343	-0.000952796	0.000168375	93.2339975	28.3609027	7571385.702	314810.689
49.1778173	106.0614103	-0.001143007	0.000201988	49.1766743	106.061612	7571478.936	314839.050
						7571528.113	314945.112
3582.456	1874.753	-0.053	0.009	3582.403	1874.762		

Coordenadas dato		
	N	E
Inicio	7567945.71	313070.35
Final	7571528.113	314945.112
DIF. =	3582.403	1874.762

Error lineal	
N	E
0.053	-0.009
-0.053	0.009

Los datos serán procesados en gabinete y también se contará con el programa software de apoyo auto CAD civil 3D, para generar superficies, perfiles y otros.

Los planos se elaborarán a escala 1:100 y 1:1000, vertical y horizontal respectivamente, indicando la ubicación de obras de arte y todo detalle necesario para describir las características del terreno y la vía (esto se realizará con programas software de apoyo Auto CAD civil 3D).

Se dispondrá de planos de planta y perfil, así como planos de obras de arte.

Cada sección del camino mostrará el ancho de la plataforma y los taludes tanto de corte como de relleno, así como la cuneta.

El eje del camino en planta y perfil, se adecuará al terreno en forma muy estricta y a las características actuales de la vía.

En los planos se mostrará el estacado correspondiente de cada uno de los puntos, obteniendo de esta manera el perfil longitudinal del eje definitivo cuyas progresivas son cada 20 m en las tangentes y cada 10 m en las curvas, tomando también en cuenta otros puntos relevantes como lo son los PC, FC, ST y TS.

3.9.2 Geotecnia

3.9.2.1 Criterio de estudio de muestreo

El muestro realizado fue el que se hace regularmente para la elaboración de los ensayos necesarios para identificar todas las propiedades de la sub rasante con la cual se va a trabajar. A continuación, se muestra la cantidad de veces que se realizaron dichos ensayos en general.

Tabla 3.7. Ensayos realizados

Ensayo	Nº de veces
Lim. Atem	12
Proctor	2
CBR	2

Fuente: Elaboración propia.

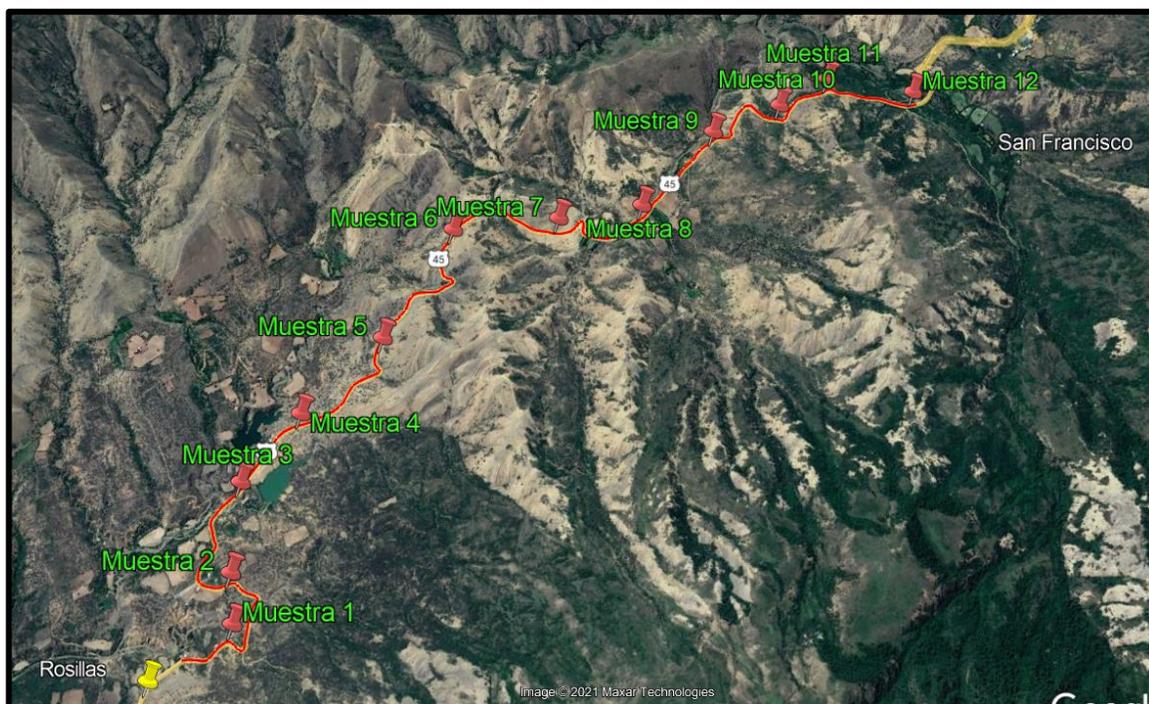
Se tomaron muestras de la sub rasante cada 0.5 kilómetros, y se extrajeron a 1.5 metros de profundidad.

3.9.2.2 Muestreo y exploración

La extracción de muestras se realizó cada 0,5 km. a lo largo del camino, con una profundidad de 1.5 m.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación de las 12 muestras extraídas.

Imagen 3.7. Mapa de muestreo.



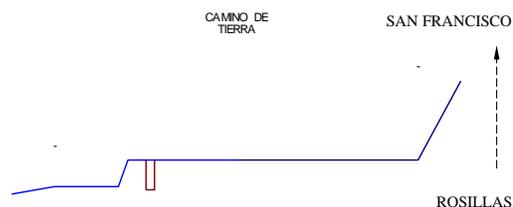
Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes planillas se podrá observar a detalle cada una de las muestras tomadas en la ruta Rosillas - San Francisco.

Tabla 3.8. Reporte de muestreo.

Reporte de muestreo				
Descripción de sondeos - Procedimiento visual y manual				
Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERIA VIAL DEL TRAMO ROSILLAS-SAN FRANCISCO		Tecnico: Javier Condori Castro		
Carretera: Rosillas - San Francisco		Fecha: 15/4/2021		
Lugar: Tarija - Bolivia		N° Pozo: 12		
Datos de campo		Perfil litológico del pozo		Fotografías
Estrato N°:	1 2	Prof. (cm.)	N° Descripción	
Profundidad (cm.)	15 150	0	Material poco húmedo. Grava limosa poco compacta de color	
Espesor (cm.)	15 135	5		
Capa		10		
Cobertura Vegetal	() ()	15	M 01	
Material granular seleccionada	() ()	20		
Empedrado	() ()	25		
Empedrado y contrapiso	() ()	30		
Pavimento	() ()	35		
Otros materiales	() ()	40		
Contenido		45		
Vegetal	() ()	50		
Orgánico	() ()	55		
Olor	() ()	60	Material húmedo. Piedras de tamaño máximo 5 cm. angular. Gravas bien graduadas, mezclas de arena-grava. Con pocos o sin finos muy compacta de color negro	
Escombros v/o Rellenos	() ()	65		
Humedad		70		
Poco húmedo	(X) ()	75		
Húmedo	() (X)	80		
Muy húmedo	() ()	85		
Mojado	() ()	90		
Muy mojado	() ()	95		
Tipo de Roca		100		
Piedras (f Máximo cm.)	5	105		
Angularidad		110		
Angular	() (X)	115		
Sub. angular	() ()	120		
Sub. redondeada	() ()	125		
Redondeada	() ()	130		
Rocas		135		
f = Gravas, S = Arenas, M = Limos, C = Arcillas		140		
Bastante > 50 %	G G	145		
Abundante 35-50%	S	150		
Algo 20-35%	M	155		
Poco 10-20%		160		
Indicios 0-10%		165		
Grueso > 50%	(X) (X)	170		
Fino > 50 %	() ()	175		
Compacidad		180		
Muy suelta	() ()	185		
Suelta	() ()	190		
Poco compacta	(X) ()	195		
Media compacta	() ()	200		
Muy compacta	() (X)	205		
Suelos		210		
Color	NEGRO NEGRO	215		
Clasificación	GM GW	220		
DATOS DE LA VIA		225		
Ancho de vía aproximado:	6.0 m	230		
Cunetas:	NO	235		
DATOS DE EXCAVACIÓN		240		
Profun 1.50 m		245		
Lado Izquierda		250		

CROQUIS SECCION TRANSVERSAL



Reporte de muestreo				
Descripción de sondeos - Procedimiento visual y manual				
Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERIA VIAL DEL TRAMO ROSILLAS-SAN FRANCISCO		Tecnico: Javier Condori Castro		
Carretera: Rosillas - San Francisco		Fecha: 15/4/2021		
Lugar: Tarija - Bolivia		N° Pozo: 2		
Datos de campo		Perfil litológico del pozo		Fotografías
Estrato N°:	1 2	Prof. (cm.)	N°	Descripción
Profundidad (cm.)	15 150	0		Material poco
Espesor (cm.)	15 135	5		húmedo. Grava
Cobertura Vegetal	() ()	10		limosa poco
Material granular seleccionado	() ()	15	M 01	compacta de color
Capa Empeдрado	() ()	20		
Empeдрado y contrapiso	() ()	25		
Pavimento	() ()	30		
Otros materiales	() ()	35		
Humedad Vegetal	() ()	40		
Orgánico	() ()	45		
Olor	() ()	50		
Escombros y/o Rellenos	() ()	55		Material
Poco húmedo	() (X)	60		húmedo. Piedras
Húmedo	(X) ()	65		de tamaño
Muy húmedo	() ()	70		máximo 5 cm.
Mojado	() ()	75		angular. Gravas
Muy mojado	() ()	80		bien graduadas,
Tipo de Roca		85		mezclas de
Piedras (f Máximo cm.)		90		arena-grava.
Angularidad		95		Con pocos o sin
Angular	() (X)	100		finos muy
Sub. angular	() ()	105		compacta de
Sub. redondeada	() ()	110		color negro
Redondeada	() ()	115		
G = Gravas, S = Arenas, M = Limos, C = Arcillas		120		
Bastante > 50 %	G S	125		
Abundante 35-50%	S M	130		
Algo 20-35%	M	135		
Poco 10-20%		140		
Indicios 0-10%		145		
Grueso > 50%	(X) (X)	150		
Fino > 50 %	() ()	155		
Compacidad		160		
Muy suelta	() ()	165		
Suelta	() ()	170		
Poco compacta	(X) ()	175		
Media compacta	() (X)	180		
Muy compacta	() ()	185		
Color	NEGRO NEGRO	190		
		195		
		200		
		205		
		210		
Clasificación	GM SM	215		
DATOS DE LA VIA		220		
Ancho de vía aproximado:	6.0 m	225		
Cunetas:	NO	230		
DATOS DE EXCAVACIÓN		235		
Profun 1.50 m		240		
Lado Derecho		245		
		250		



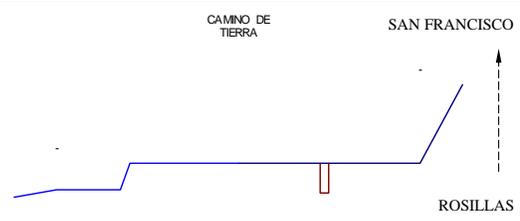

CROQUIS SECCION TRANSVERSAL



Reporte de muestreo				
Descripción de sondeos - Procedimiento visual y manual				
Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERERIA VIAL DEL TRAMO ROSILLAS-SAN FRANCISCO		Tecnico: Javier Condori Castro		
Carretera: Rosillas - San Francisco		Fecha: 15/4/2021		
Lugar: Tarija - Bolivia		N° Pozo: 3		
Datos de campo		Perfil litológico del pozo		Fotografías
Estrato N°:	1 2	Prof. (cm.)	N°	Descripción
Profundidad (cm.)	15 150	0		Material húmedo. .
Espesor (cm.)	15 135	5		Grava limosa poco compacta de color marrón
Capa	Cobertura Vegetal	() ()	10	Material poco húmedo. Piedras de tamaño máximo 10 cm. angular. Arena limosa media compacta de color marrón
	Material granular seleccionado	() ()	15	
	Empedrado	() ()	20	
	Empedrado y contrapiso	() ()	25	
	Pavimento	() ()	30	
Otros materiales	() ()	35		
Contenido	Vegetal	() ()	40	
	Orgánico	() ()	45	
	Olor	() ()	50	
	Escombros y/o Rellenos	() ()	55	
Humedad	Poco húmedo	() (X)	60	
	Húmedo	(X) ()	65	
	Muy húmedo	() ()	70	
	Mojado	() ()	75	
	Muy mojado	() ()	80	
Rocas	Tipo de Roca		85	
	Piedras (f Máximo cm.)		90	
	Angularidad	Angular	() ()	100
		Sub. angular	() ()	105
		Sub. redondeada	() ()	110
		Redondeada	() ()	115
Suelos	G = Gravas, S = Arenas, M = Limos, C = Arcillas		120	
	Bastante > 50 %	G G	125	
	Abundante 35-50%	S M	130	
	Algo 20-35%	M	135	
	Poco 10-20%		140	
	Indicios 0-10%		145	
	Grueso > 50%	(X) (X)	150	
	Fino > 50 %	() ()	155	
	Compacidad	Muy suelta	() ()	160
		Suelta	() ()	165
		Poco compacta	() ()	170
		Media compacta	(X) ()	175
		Muy compacta	() (X)	180
	Color	MARRÓN	MARRÓN	185
				190
Clasificación	GM	SM	195	
			200	
DATOS DE LA VÍA			205	
Ancho de vía aproximado:	6,0 m		210	
Cunetas:	NO		215	
DATOS DE EXCAVACIÓN			220	
Profun 1.50 m			225	
Lado Derecho			230	
			235	
			240	
			245	
			250	



CROQUIS SECCIÓN TRANSVERSAL



Fuente: Reporte de muestreo de suelos.

• **Observaciones.**

Se puso los cuadros de muestreo desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+500, el resto de las muestras se encuentran en ANEXOS Reporte de muestre de suelos.

3.9.2.3 Ensayos de granulometría

Este análisis del suelo se desarrolló por medio de un juego de mallas, que tiene un tamaño graduado instituido por las normas AASHTO. Primero se estableció la cantidad de material necesario de cada muestra para efectuar el presente ensayo, en función al tipo de material que representaba cada muestra. Ya que las muestras extraídas estaban compuestas por material fino se tuvo que ejecutar el “Método del Lavado”; para esto se empleó 3000 gr. de muestra, se colocó el material en el tamiz N°200, y con ayuda de agua se empezó a lavar el suelo, hasta que el agua pasante tomó aspectos más claros. El material retenido en el tamiz N°200 se introdujo en un recipiente y se procedió a secar el mismo, para posteriormente volver a tamizar por las mallas 3”, 2”, 1”, ¾”, ⅜” y N°4, N°10, N°40 y N°200. Una vez tamizado se procedió al pesado de los materiales retenidos en cada malla.

Imagen 3.8. Granulometría “Método del lavado”.

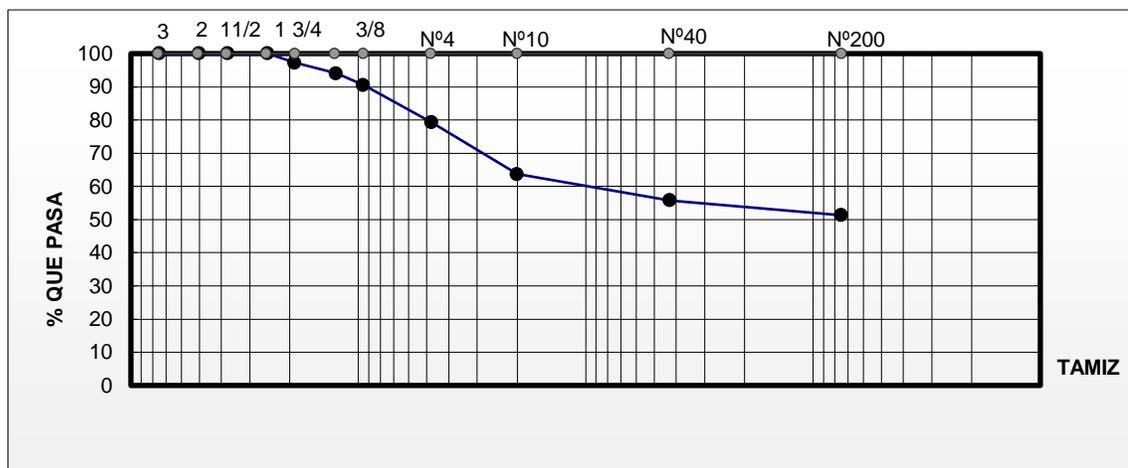


Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes cuadros se observa la granulometría de las muestras extraídas.

Tabla 3.9. Reporte de granulometría progresiva 0+500.

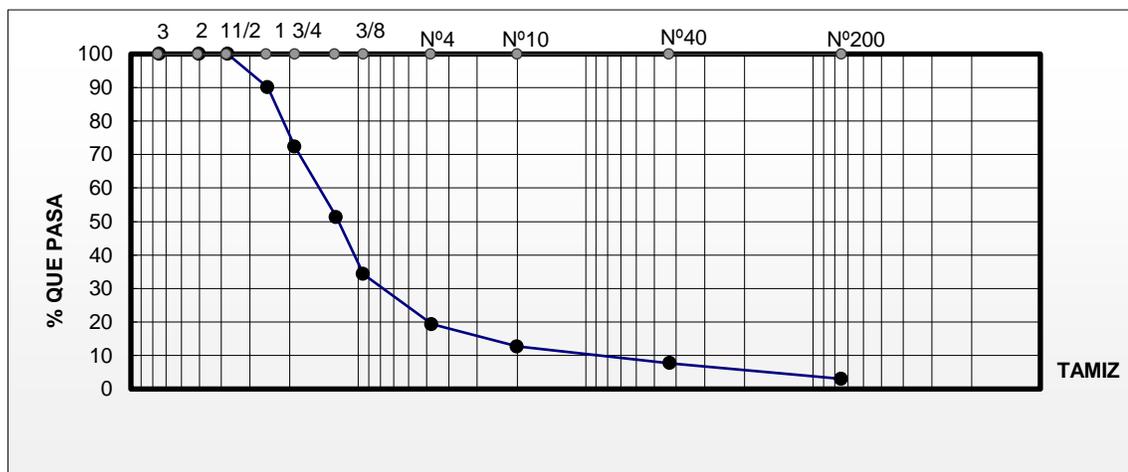
Peso Total (gr.)			3,000	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	83.80	83.80	2.79	97.21
1/2"	12.50	93.90	177.70	5.92	94.08
3/8"	9.50	105.50	283.20	9.44	90.56
Nº4	4.75	338.40	621.60	20.72	79.28
Nº10	2.00	468.10	1089.70	36.32	63.68
Nº40	0.425	237.80	1327.50	44.25	55.75
Nº200	0.075	133.50	1461.00	48.70	51.30



Fuente: Reporte de granulometría.

Tabla 3.10. Reporte de granulometría progresiva 1+000.

Peso Total (gr.)			3,000	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	300.50	300.50	10.02	89.98
3/4"	19.00	530.60	831.10	27.70	72.30
1/2"	12.50	628.80	1459.90	48.66	51.34
3/8"	9.50	510.40	1970.30	65.68	34.32
Nº4	4.75	450.00	2420.30	80.68	19.32
Nº10	2.00	198.00	2618.30	87.28	12.72
Nº40	0.425	150.34	2768.64	92.29	7.71
Nº200	0.075	140.20	2908.84	96.96	3.04



Fuente: Reporte de granulometría.

Tabla 3.11. Reporte de granulometría progresiva 1+500.

Peso Total (gr.)			3,000	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	149.30	149.30	4.98	95.02
1/2"	12.50	240.00	389.30	12.98	87.02
3/8"	9.50	222.90	612.20	20.41	79.59
Nº4	4.75	510.40	1122.60	37.42	62.58
Nº10	2.00	483.40	1606.00	53.53	46.47
Nº40	0.425	397.60	2003.60	66.79	33.21
Nº200	0.075	102.90	2106.50	70.22	29.78

El gráfico de granulometría muestra el porcentaje que pasa a través de diferentes tamices. El eje vertical representa el '% QUE PASA' (0-100) y el eje horizontal representa el tamaño del tamiz (3, 2, 1 1/2, 1 3/4, 3/8, Nº4, Nº10, Nº40, Nº200). La curva muestra una disminución gradual del porcentaje que pasa a medida que el tamaño del tamiz disminuye.

Fuente: Reporte de granulometría.

- **Observaciones**

Se puso los cuadros de granulometría desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+500, el resto de las granulometrías se encuentran en ANEXOS Ensayos de laboratorio.

3.9.2.4 Límites de Atterberg

Se ensayaron las muestras que pasaron por el tamiz Nº40, en una cantidad de 100 gramos aproximadamente.

Para la determinación del límite líquido, se utilizó el aparato de Casagrande sobre una superficie plana, firme y segura.

Posteriormente, se colocó el material ya preparado, de manera horizontal en el aparato, y se realizó la ranura de manera firme en una sola pasada, para luego accionar la copa de Casagrande a un ritmo de dos golpes por segundo. Luego con ayuda de la espátula se realizó dos cortes de manera perpendicular a la ranura, para extraer la porción de suelo entre los cortes y proceder a depositarla en una de las capsulas anteriormente pesadas e identificadas.

Se pesó el suelo húmedo más la cápsula y se introdujo en el horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas, para luego extraer del horno y pesar la muestra seca más la capsula y registrar dichos datos en las planillas.

Para la determinación del límite plástico el material realizamos la formación de rollitos, rodándolos sobre una base de vidrio, hasta que los mismos alcancen un diámetro aproximado de tres milímetros y sobre estos se perciba pequeñas grietas en ese diámetro. Una vez que los rollitos presentaron a los tres milímetros estos agrietamientos, se los cortó en pequeños trozos y los mismos fueron introducidos en cápsulas, para registrar su peso húmedo más cápsula, las cuales después eran introducidas en el horno a una temperatura de 105°C en un lapso de 24 horas para su posterior pesaje del suelo seco más cápsula y por último se registraron estos datos en una planilla.

Imagen 3.9. Límite líquido.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3.10. Límite plástico.

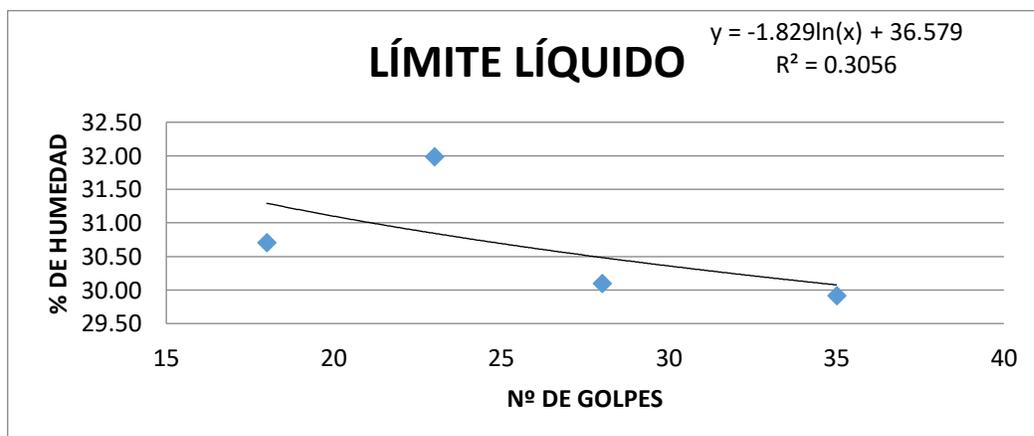


Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes cuadros se observa los Límites líquidos y plásticos de las muestras extraídas.

Tabla 3.12. Reporte de Límite Líquido y Plástico de la progresiva 0+500.

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	18	23	28	35
Suelo Húmedo + Cápsula	27.76	28.25	25.22	25.47
Suelo Seco + Cápsula	24.22	24.77	22.34	22.32
Peso del agua	3.54	3.48	2.88	3.15
Peso de la Cápsula	12.69	13.89	12.77	11.79
Peso Suelo seco	11.53	10.88	9.57	10.53
Porcentaje de Humedad	30.70	31.99	30.09	29.91



Determinación de Límite Plástico

	1	2	3
Cápsula			
Peso de suelo húmedo + Cápsula	13.41	15.92	15.45
Peso de suelo seco + Cápsula	12.81	15.30	14.84
Peso de cápsula	10.30	12.67	12.32
Peso de suelo seco	2.51	2.63	2.52
Peso del agua	0.60	0.62	0.61
Contenido de humedad	23.90	23.57	24.21

Límite Líquido (LL)	39
Límite Plástico (LP)	24
Índice de plasticidad (IP)	15
Índice de Grupo (IG)	5

Fuente: Reporte de límites.

Tabla 3.13. Reporte de Límite Líquido y Plástico de la progresiva 1+000.

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes				
Suelo Húmedo + Cápsula				
Suelo Seco + Cápsula		N.P.		
Peso del agua				
Peso de la Cápsula				
Peso Suelo seco				
Porcentaje de Humedad				

Determinación de Límite Plástico

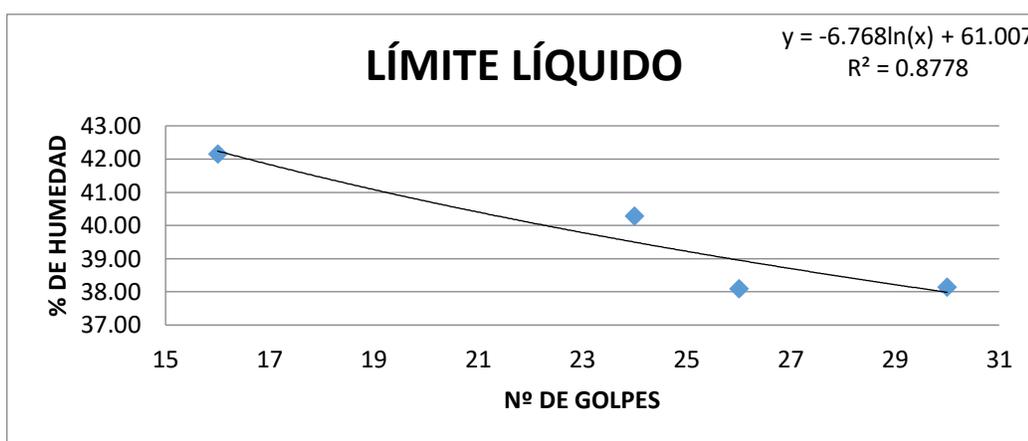
Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula			
Peso de suelo seco + Cápsula			
Peso de cápsula	N.P.		
Peso de suelo seco			
Peso del agua			
Contenido de humedad			

Límite Líquido (LL)	No Plástico
Límite Plástico (LP)	No Plástico
Índice de plasticidad (IP)	No Plástico
Índice de Grupo (IG)	No Plástico

Fuente: Reporte de límites.

Tabla 3.14. Reporte de Límite Líquido y Plástico de la progresiva 1+500.

Cápsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	26	24	16	30
Suelo Húmedo + Cápsula	34.10	26.13	24.42	27.23
Suelo Seco + Cápsula	29.73	22.23	20.9	23.42
Peso del agua	4.37	3.9	3.52	3.81
Peso de la Cápsula	18.26	12.55	12.55	13.43
Peso Suelo seco	11.47	9.68	8.35	9.99
Porcentaje de Humedad	38.10	40.29	42.16	38.14



Determinación de Límite Plástico

Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	16.92	17.90	16.66
Peso de suelo seco + Cápsula	15.94	16.95	15.74
Peso de cápsula	12.67	13.89	12.71
Peso de suelo seco	3.27	3.06	3.03
Peso del agua	0.98	0.95	0.92
Contenido de humedad	29.97	31.05	30.36

Límite Líquido (LL)	39
Límite Plástico (LP)	30
Índice de plasticidad (IP)	9
Índice de Grupo (IG)	0

Fuente: Reporte de límites.

• Observaciones

Se puso los cuadros de Límite líquido y plástico desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+500, el resto de los Límites se encuentran en ANEXOS Ensayos de laboratorio.

3.9.2.5 Ensayo de densidad y compactación

Para la preparación del material fue necesario realizar una compensación del mismo entre los tamices de $\frac{3}{4}$ " y N°4, con el objetivo de extraer el material grueso y densificar más el material. Para estas muestras se empleó un molde de metal (Proctor Modificado T-180), estructurado por cinco capas y en cada una de ellas se aplicaron 56 golpes, tanteando una división de altura del molde en cinco partes iguales para la respectiva compactación. Por otro lado, se controlaron los valores de contenido de humedad de cada muestra ensayada y además el peso del molde más muestra húmeda después de realizar el proceso de compactación. Se trituraron los terrones para facilitar el manipuleo del material y así evitar problemas respecto a la homogenización de la humedad del material provocado por la presencia de grumos o terrones.

Imagen 3.11. Compactación.

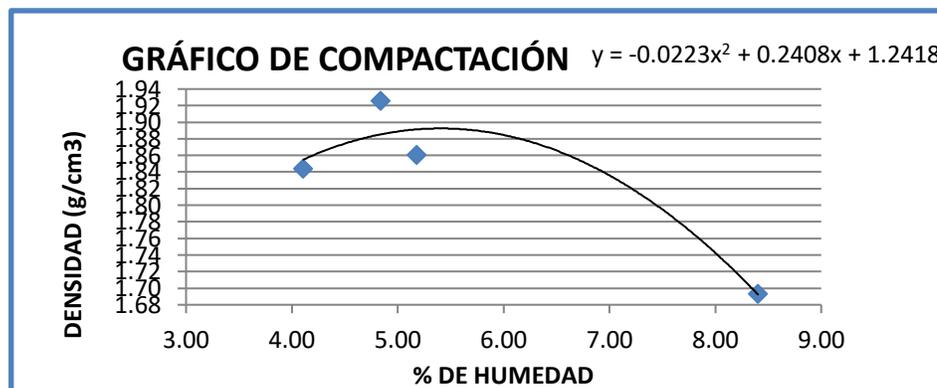


Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes cuadros se observa las compactaciones de las muestras extraídas y sus respectivas densidades máximas y humedades óptimas.

Tabla 3.15. Reporte de Compactación.**Muestra: 1 A - 4****Volumen: 2124 cm³**

N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	10365	10545	10755	10624
Peso del molde	6467	6467	6467	6467
Peso suelo húmedo	3898.4	4078.4	4288.4	4157.1
Volumen de la muestra	2124.0	2124.0	2124.0	2124.0
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1.84	1.92	2.02	1.96
Cápsula N°	1	2	3	3
Peso suelo húmedo + cápsula	128.0	188.0	169.5	180.5
Peso suelo seco + cápsula	119.5	181.3	162.5	172.5
Peso del agua	8.5	6.7	7	8
Peso de la cápsula	18.34	18.23	17.82	18.02
Peso suelo seco	101.16	163.07	144.68	154.48
Contenido de humedad (%h)	8.40	4.11	4.84	5.18
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	1.69	1.84	1.93	1.86



Densidad Máxima =	1.89 gr/cm ³
Humedad Óptima =	5.20 %

Fuente: Reporte de Compactación.

- **Observaciones**

Se puso los cuadros de una muestra, el resto de las Compactaciones se encuentran en ANEXOS Ensayos de laboratorio.

3.9.2.6 Ensayo de capacidad soporte CBR

Esta práctica se inició preparando muestras de 6000 gramos, a las cuales se les agregó agua en cantidad suficiente para llegar a obtener el contenido de humedad óptimo. Posteriormente, se pasó al proceso de compactación por medio del Molde Cilíndrico de Base Perforada. Luego de realizar la compactación de las pruebas aplicando en cada molde 12, 25 y 56 golpes, se sumergió cada molde en agua, durante el lapso de tiempo de 4 días, midiendo la expansión que presentaban los mismos. Al cuarto día de haber sumergido el material, se retiró el mismo y se procedió a drenarla de forma inclinada para luego colocar el molde en la prensa y asentar el pistón de penetración sobre el espécimen. Luego se hizo lectura de las cargas necesarias para que la aguja penetrara a distintas profundidades ya instituidas, y posteriormente soltar la carga y retirar el molde y finalmente a pesar el molde más la muestra húmeda.

Imagen 3.12. CBR.



Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes cuadros se observa el CBR de la muestra extraída.

Tabla 3.16. Reporte de CBR.

Muestra: 1

Muestra	LL	IP	Clasific.	H. Opt.	D. Máx
1	39	15	A - 4 (5)	5.20	1.89

Contenido de humedad y peso unitario

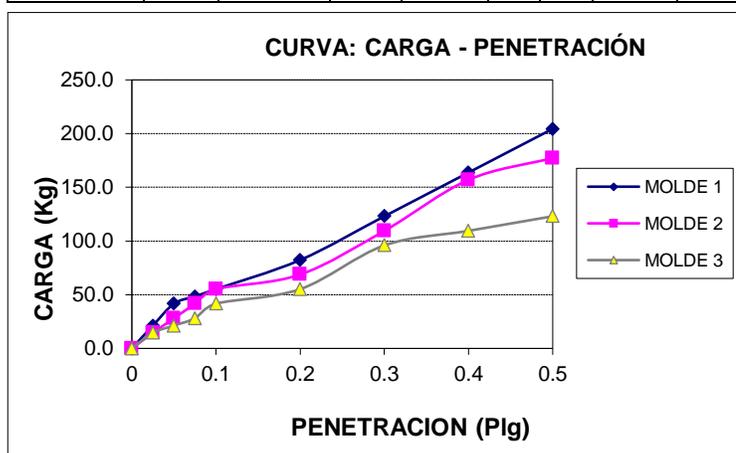
N° capas	5			5			5		
N° golpes por capa	56			25			12		
CONDICIÓN DE MUESTRA	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm.+molde	12395		12585	12130		12360	11705		11970
Peso Molde	7730		7730	7825		7825	7645		7645
Peso muestra húmeda	4665		4855	4305		4535	4060		4325
Volumen de la muestra	2124		2124	2124		2124	2124		2124
Peso Unit. Muestra Húm.	2.196		2.286	2.027		2.135	1.911		2.036
MUESTRA DE HUMEDAD	Fondo	Medio	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	97.5	100.5	62	89.5	94	59	165	167	70.5
Peso muestra seca + tara	90.5	93.5	58	83	86	55	150	151.5	65
Peso del agua	7	7	4	6.5	8	4	15	15.5	5.5
Peso de tara	18.67	19.37	17.09	17.09	13.5	17.38	12.5	14	17.91
Peso de la muestra seca	71.83	74.13	40.91	65.91	72.5	37.62	137.5	137.5	47.09
Contenido humedad %	9.745 2	9.44287	9.7776	9.8619 3	11.03	10.6326	10.90 9	11.273	11.68
Promedio cont. Humedad	9.59		9.7776	10.45		10.6326	11.09		11.68
Peso Unit.muestra seca	2.004		2.0822	1.835		1.92992	1.721		1.8233
Hum.Opt.%	5.20								
	Peso Unit.gr/cm3								
	1.89								

Expansión

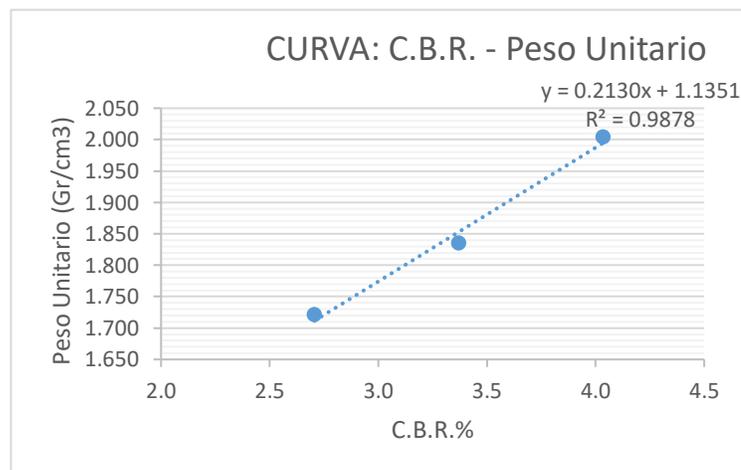
FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT.	EXPANSIÓN		LECT.	EXPANSIÓN	LECT.	EXPANSIÓN		
				EXTENS.	CM.				%	EXTENS.	CM.
03-may	10:47	1	15.3	0	0	13.5	0	0	14.6	0	0
04-may	11:30	2	27	2.7	15.186	25.5	2.55	14.342	24.01	2.401	13.504
05-may	11:47	3	28.8	2.88	16.198	26.1	2.61	14.6794	24.9	2.49	14.004
06-may	10:40	4	29.5	2.95	16.592	27	2.7	15.1856	26.5	2.65	14.904
07-may	08:20	5	29.5	2.95	16.592	27	2.7	15.1856	26.5	2.65	14.904
C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3										
4.0	2.004										
3.4	1.835										
2.7	1.721										

C.B.R.

PENETRACIÓN		CARGA	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		NORMAL	CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG		CARGA ENSAYO		C.B.R. CORREG	
Pulg.	mm	Kg	Kg	Kg/cm ²	Kg	%	Kg	Kg/cm ²	Kg	%	Kg	Kg/cm ²	Kg	%
0	0		0.0	0			0.0	0			0.0	0		
0.025	0.63		21.3	1.1			14.5	0.7			14.5	0.7		
0.05	1.27		41.6	2.1			28.1	1.4			21.3	1.1		
0.075	1.9		48.4	2.5			41.6	2.1			28.1	1.4		
0.1	2.54	1360	55.2	2.8		4.1	55.2	2.8		4.1	41.6	2.1		3.1
0.2	5.08	2040	82.3	4.2		4.0	68.8	3.5		3.4	55.2	2.8		2.7
0.3	7.62		123.1	6.3			109.5	5.6			95.9	4.9		
0.4	10.16		163.8	8.3			157.0	8.0			109.5	5.6		
0.5	12.7		204.5	10.4			177.3	9.0			123.1	6.3		



CBR 100%	
D.máx	
4	%
CBR 95%	
D.Máx.	
3	%
CBR 90%	
D.Máx.	
3	



Fuente: Reporte de Compactación.

- **Observaciones**

Se puso los cuadros de una muestra, el resto de los CBRs se encuentran en ANEXOS Ensayos de laboratorio.

3.9.2.7 Cuadro de resumen de suelos tramo Rosillas - San Francisco

Tabla 3.17. Estudio geotécnico.

Resumen de los resultados de los suelos Rosillas - San Francisco							
N°	Procedencia	Destino	Clasificación	Proctor		C.B.R.	
			AASHTO	D _{max}	%H _{op}	100%	95%
1	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (5)	1,89	5,20	4	3
2	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (5)	1,89	5,20	4	3
3	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
4	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
5	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (2)	1,89	5,20	4	3
6	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (2)	1,89	5,20	4	3
7	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (0)	1,89	5,20	4	3
8	SUB RASANTE	Estudio	A - 4 (0)	1,89	5,20	4	3
9	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
10	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
11	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
12	SUB RASANTE	Estudio	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6

Resumen de los datos de compactación camino Rosillas - San Francisco		
A - 2 - 4(0)	Densidad Max.	2,06
	Humedad Opt.	6,43
A - 4(0)	Densidad Max.	1,89
	Humedad Opt.	5,20

Resumen de los CBR del camino San Rosillas - Francisco		
A - 2 - 4(0)	CBR al 95%.	6
	CBR al 100%	8
A - 4(0)	CBR al 95%	3
	CBR al 100%	4

Fuente: Estudio de suelos realizados en laboratorio.

3.9.2.8 Bancos de préstamo

Los bancos de materiales a utilizarse como fuentes de explotación para la obtención de materiales destinados a cubrir las demandas necesarias en la construcción de las capas base y sub-base, como también para los agregados del pavimento, estos deben encontrarse cercanas al área de influencia del proyecto.

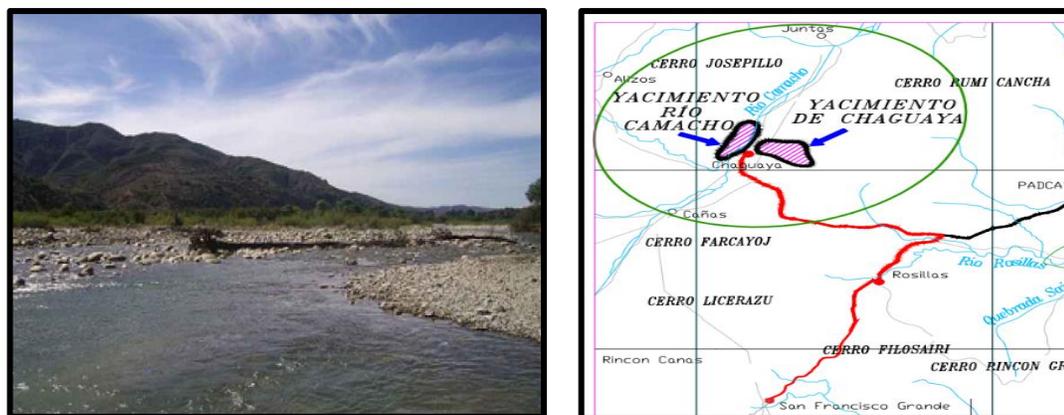
Ubicación de los bancos de préstamo

El trabajo de campo consistió en localizar los bancos de préstamo más cercanos y con mejores características, con el fin de reducir costos y dar calidad a la construcción de la carretera los materiales provenientes de las fuentes de préstamo deben presentar características uniformes.

Las especificaciones de calidad para los materiales de capa base y de sub base, se extrajeron de las "Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway" de AASHTO.

Con tal motivo se localizó el banco de préstamo dentro de la zona del proyecto ubicada sobre el río Camacho.

Imagen 3.13. Identificación de banco de préstamo.



Fuente: Elaboración propia

3.9.2.9 Materiales para capa sub base

Todos los materiales considerados aptos para la capa base podrán utilizarse para la capa sub-base.

El C.B.R. de laboratorio debe tener un valor mínimo del 60% y expansiones menores al 1% correspondiente al 97% de la densidad máxima seca del ensayo AASHTO T-180

Los requisitos de gradación son:

- Los agregados en el tamiz N° 10 deberán estar conformados por partículas de grava o roca dura.
- La fracción que pasa la malla N° 10 será de arenas naturales o arenas de trituración, de consistencia dura.
- La fracción que pasa la malla N° 200 no será mayor que 2/3 de la fracción que pasa la malla N° 40.

Los requisitos de plasticidad son:

- Límite Líquido $\leq 25\%$
- Índice Plástico $\leq 6\%$

3.9.2.10 Materiales para capa base

La capa base debe ser de piedra semitriturada o roca triturada.

El C.B.R. de laboratorio debe tener un valor mínimo del 80% con expansiones no mayores al 0,5 % correspondiente al 100 % de la densidad máxima seca del ensayo AASHTO T-180-D.

Los requisitos de gradación para agregados de capa base son:

- La gradación granulométrica que debe cumplir la capa base, estará de acuerdo con las Especificaciones Técnicas de las Normas AASHTO.

- Los porcentajes en peso del material que pasa por los tamices de malla cuadrada, no menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz N° 4. Deberán tener al menos una cara fracturada.

- El porcentaje que pasa la malla N° 200 no debe ser mayor que 2/3 de la fracción que pasa por el tamiz N° 40.

Los requisitos de Plasticidad para los materiales de la capa base son:

- Límite Líquido $\leq 25\%$

- Índice Plástico $\leq 6\%$

El porcentaje máximo para el ensayo de abrasión desgaste de Los Ángeles, deberá ser $< 40\%$.

El grado de compactación que deberá alcanzar la capa base será del 100% del ensayo T-180 D.

El porcentaje de humedad óptima de la capa base, realizada por el ensayo AASHTO - 180 D de laboratorio, no deberá variar en obra en $\pm 0.5\%$ de dicho valor.

3.9.2.11 Agregados para tratamiento superficial

Los agregados pétreos para tratamientos superficiales serán partículas provenientes de la trituración de grava o piedra de buena calidad.

Cuando el agregado triturado provenga de ripio, grava natural o canto rodado, no será permitido obtenerla por trituración de partículas menores a 30 mm, o sea que todo el material a triturar deberá ser retenido por el tamiz de abertura de una pulgada y cuarto (1 ¼”).

El agregado pétreo, cualquiera sea su origen, tendrá sus partículas limpias, duras, sanas y exentas de películas de arcilla, polvo, álcalis, materias orgánicas o cualquier otra sustancia extraña.

Con el ensayo de los Ángeles según AASHTO-T-96, el desgaste no debe ser superior a 40%, a 500 revoluciones.

Cuando se use grava triturada, no menos del 90% en peso serán partículas que tengan por lo menos una cara fracturada.

Cuando los agregados sean ensayados de acuerdo al método AASHTO T-182, deberá haber una retención de la película bituminosa mayor al 95% cuando se realice el curado a 35 grados centígrados.

Las partículas de los agregados serán en general de forma aproximadamente cúbica o piramidal, no admitiéndose más del 10% (proporción numérica) de partículas planas o alargadas.

Las superficies de las partículas de agregados no deberán estar empolvadas o recubiertas de limo, arcilla, materiales orgánicos u otras sustancias perjudiciales. No se permitirá el empleo de agregados que contengan agua libre.

3.9.3 Hidrología e hidráulica

La principal fuente de información climatológica en el país, es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Institución encargada del registro de todos los datos climatológicos e hidrológicos del país.

El proyecto en estudio cuenta con datos de estaciones que están cercanas a la zona, las estaciones son Padcaya, Cañas y La Merced. Todas estas estaciones cuentan con datos suficientes para poder realizar estadísticas.

3.9.3.1 Procedimiento y cálculo correspondiente

Determinación de parámetros estadísticos

Con las fórmulas ya establecidas en el Capítulo 2 procedemos a calcular los parámetros estadísticos.

	Cañas	Padcaya	La Merced
Media	54.78	53.3	55.40909091
Desviación	20.39297	36.3761725	15.25912544
Varianza	415.8734	1323.225926	232.8409091
Moda (E)	45.60316	36.91590756	48.54248446
E*nro	1641.714	996.7295041	825.2222359
Caract. (K)	0.802843	1.76908319	0.564355092
K*Nro	28.90233	47.76524612	9.594036559
Nro Datos	36	27	17

Moda ponderada.

$$E_d = \frac{E_{t1} \cdot N_1 + E_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

Ed = Moda de cada estación (mm)

N = Número de datos de cada estación

$$\mathbf{Ed= 40.15303}$$

Característica ponderada.

$$K_p = \frac{K_{t1} \cdot N_1 + K_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

K= Característica de cada estación

N = Numero de datos de cada estación

$$\mathbf{Kd= 1.078270}$$

ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA PARA UN DETERMINADO PERIODO DE RETORNO

De donde se obtiene la ecuación de Gumbell Modificado para lluvias máximas diarias:

$$h_{dT} = E_D \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Donde:

Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno

$hd_T =$ (mm).

$ED =$ Moda (mm).

$KD =$ Característica de la distribución.

$T =$ Periodo de retorno (años).

Para determinar estas lluvias máximas diarias nos adoptaremos los periodos de retorno de: 5, 10, 25 y 50 años.

Datos	Periodo de retorno	Altura de lluvia (mm)
Ed , Kd	5	70.41551258
	10	83.44885295
	25	100.6779918
	50	113.7113321

Determinación de la altura de lluvia máxima horaria para un periodo de retorno T y tiempo de duración t

Las lluvias máximas deben ser de corta duración o sea deben ser menores a las 24 hrs para lo cual acudimos a la LEY de GUMBEL modificada que es definido por la siguiente expresión

$$h_{tT} = Ed * \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} * [1 + Kd * \log(T)]$$

$Ed =$ moda ponderada

$Kd =$ característica ponderada

$T =$ periodo de retorno

Siendo: $h_{dT} =$ altura de lluvia máxima diaria

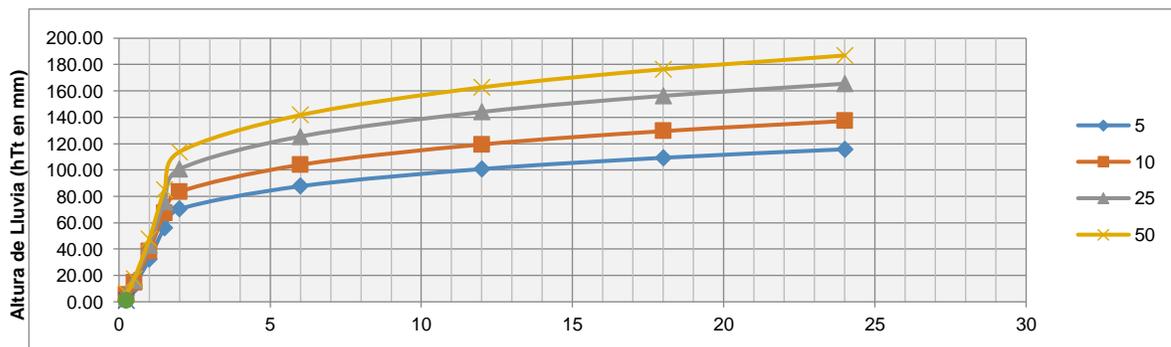
Es el tiempo de duración de la
 $t =$ lluvia
 Es una constante que en nuestro medio se
 $\beta =$ adopta generalmente 0.2
 Equivalente de lluvia diaria que depende
 $\alpha =$ de la magnitud
 de la cuenca:
 para: $A_c > 20$ [km²] $\alpha =$ 12
 $A_c < 20$ [km²] $\alpha =$ 2

Datos:

$$\alpha = 2 \quad \beta = 0.2$$

Periodo de retorno (años)	Periodos de duración de lluvias en horas (t)								
	0.25	0.5	1	1.5	2	6	12	18	24
5	4.77	12.38	32.14	56.16	70.42	87.72	100.76	109.27	115.75
10	5.53	14.54	38.26	67.38	83.45	103.95	119.41	129.50	137.17
25	6.08	16.15	42.85	75.84	100.68	125.42	144.07	156.24	165.49
50	6.43	17.46	47.40	85.01	113.71	141.65	162.72	176.46	186.91

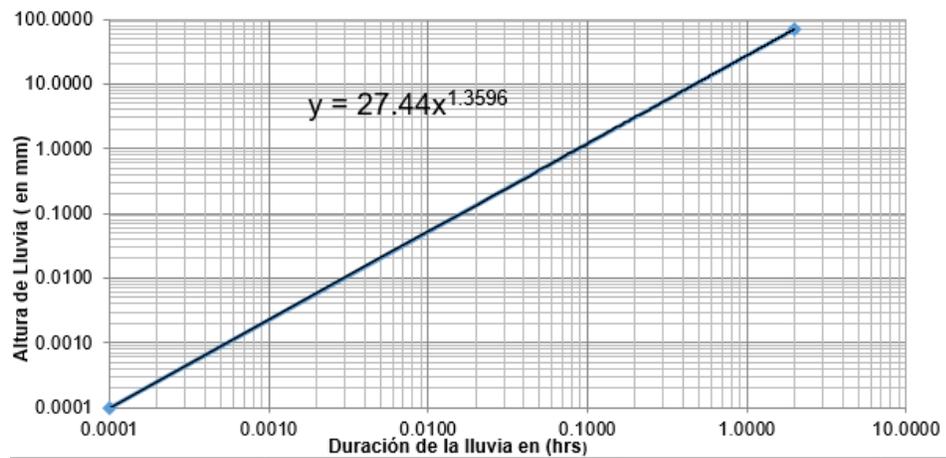
CURVAS PRECIPITACIÓN - INTENSIDAD – FRECUENCIA



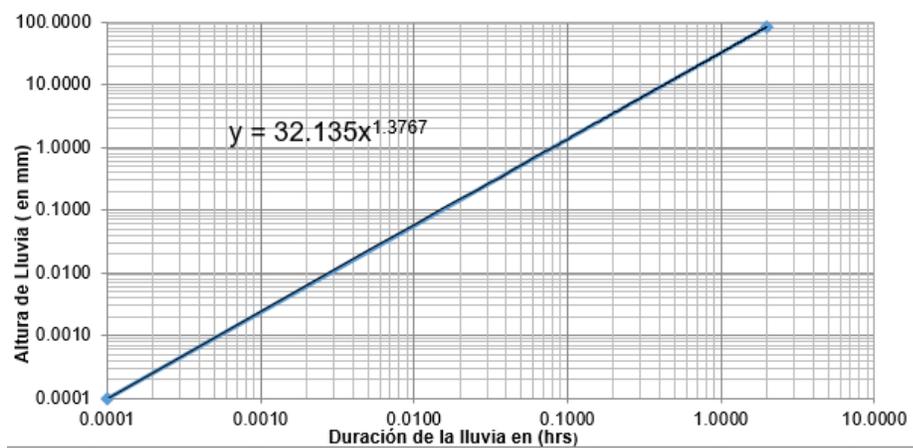
Para lluvia menores a 2 horas se empleó el método gráfico.

Método gráfico de lluvia menores a 2 horas

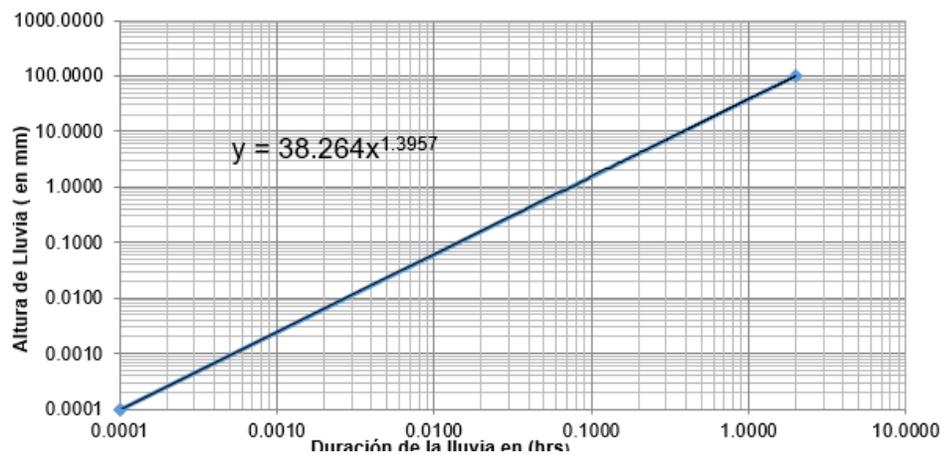
Para un periodo de retorno de 5 años



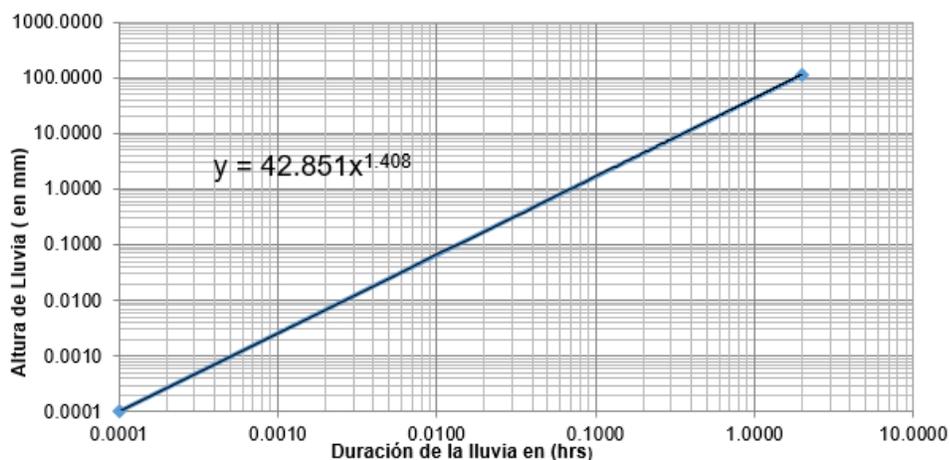
Para un periodo de retorno de 10 años



Para un periodo de retorno de 25 años



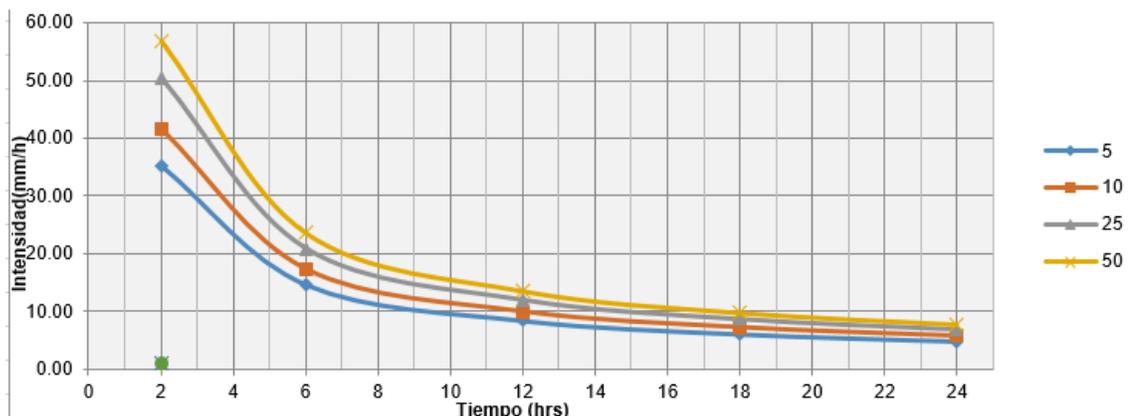
Para un periodo de retorno de 50 años



Intensidades máximas para periodos de duración menores a 24 horas:

Periodo de retorno (años)	Intensidades de Lluvias								
	0.25	0.5	1	1.5	2	6	12	18	24
5	4.17	10.69	27.44	47.62	35.21	14.62	8.40	6.07	4.82
10	4.77	12.38	32.14	56.16	41.72	17.33	9.95	7.19	5.72
25	5.53	14.54	38.26	67.38	50.34	20.90	12.01	8.68	6.90
50	6.08	16.15	42.85	75.84	56.86	23.61	13.56	9.80	7.79

Curvas intensidad, duración y frecuencia

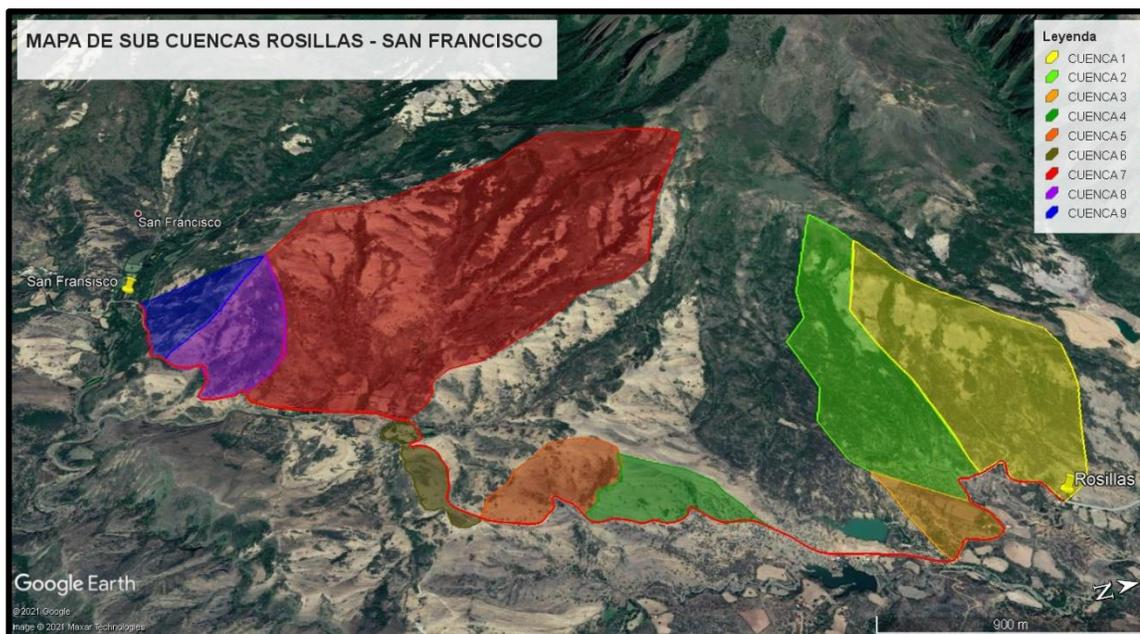


Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración:

Periodo de Retorno T (años)	htT Altura de Lluvia en (mm)	"imax" Intensidad Máxima (mm/hr)
5	2.40	14.41
10	2.73	16.36
25	3.14	18.83
50	3.44	20.63

Delimitación de la cuenca

Imagen 3.4 Delimitación de la cuenca para el estudio hidrológico.



Fuente: Elaboración propia.

3.9.4 Aforamientos; tránsito

3.9.4.1 Descripción y selección de los tramos

Estos datos se recogieron mediante el aforo en un lugar estratégico dentro del tramo a ser diseñado Rosillas - San Francisco.

Los puntos estratégicos para realizar el aforo de la carretera fueron: en Rosillas y el otro San Francisco.

3.9.4.2 Trabajo de campo

Tabla 3.18. Aforo de volúmenes ambos sentidos

Sentido: Ambas direcciones.

Día	Hora	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	Total
Prom 7 Días	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	2	0	0	2
	6	3	0	0	3
	7	3	0	0	3
	8	5	0	0	5
	9	2	0	1	3
	10	3	0	0	4
	11	3	0	1	4
	12	3	0	0	3
	13	3	0	0	3
	14	7	0	1	8
	15	3	0	0	3
	16	3	0	0	3
	17	2	0	0	2
	18	2	0	0	3
	19	3	0	0	3
	20	2	0	0	2
	21	3	0	0	3
	22	0	0	0	0
	23	0	0	0	0
Total		52	2	5	59
%		88%	3%	8%	100%

Fuente: Estudio aforo de tránsito.

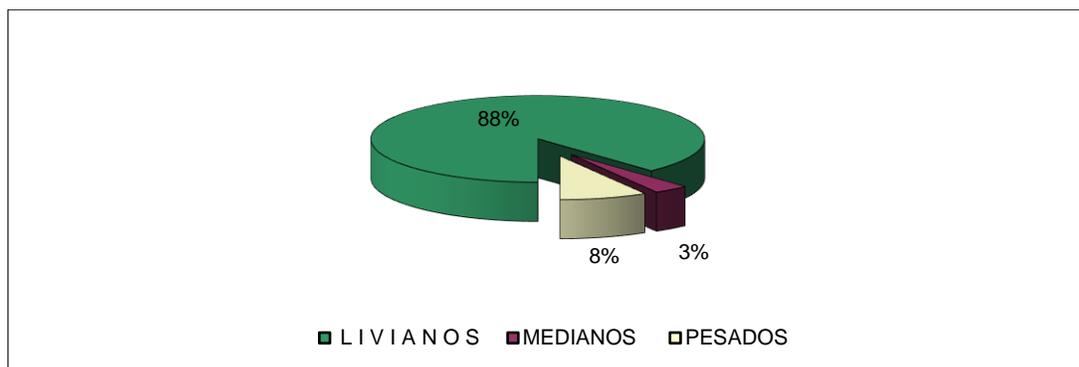
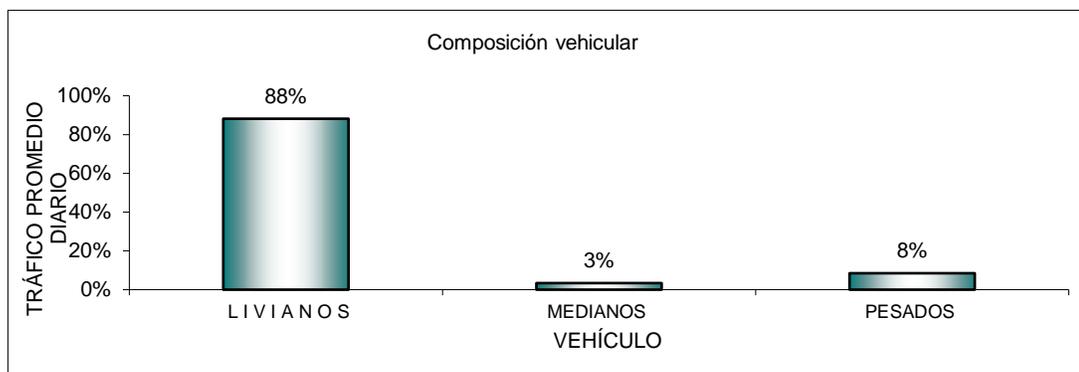
3.9.4.3 Demanda de tráfico

Tabla 3.19. Volúmenes clasificados.

Proyecto: Diseño estructural de ingeniería vial.
Aforos volumétricos clasificados.

Estación: Rosillas.

Ruta: (Rosillas - San Francisco).



Fuente: Estudio aforo de tránsito.

3.9.4.4 Procedimiento

- Primero se realizó el aforo en los puntos estratégicos, puestos en Rosillas y el otro en San Francisco, se aforó un promedio de 7 días, se debe controlar la hora el modelo y el tipo de vehículo que pase por nuestro punto de aforo.
- El tráfico promedio hora debe hacerse en ambos sentidos en los puntos de aforo, durante las 24 horas durante los 7 días.

El cálculo de volumen clasificado se tomó según el tipo de vehículos, desde livianos hasta pesados; los resultados estadísticos se muestran el cuadro 3.19.

CAPÍTULO IV
DISEÑO Y ANÁLISIS

4.1 Diseño en tráfico

4.1.1 Planillas de datos aforados

Tabla 4.1. Aforo volumétrico.

Sentido: Ambas direcciones.

Día	Hora	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	Total
Prom 7 Días	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	2	0	0	2
	6	3	0	0	3
	7	3	0	0	3
	8	5	0	0	5
	9	2	0	1	3
	10	3	0	0	4
	11	3	0	1	4
	12	3	0	0	3
	13	3	0	0	3
	14	7	0	1	8
	15	3	0	0	3
	16	3	0	0	3
	17	2	0	0	2
	18	2	0	0	3
	19	3	0	0	3
	20	2	0	0	2
	21	3	0	0	3
	22	0	0	0	0
	23	0	0	0	0
Total		52	2	5	59
%		88%	3%	8%	100%

Fuente: Estudio aforo de tránsito.

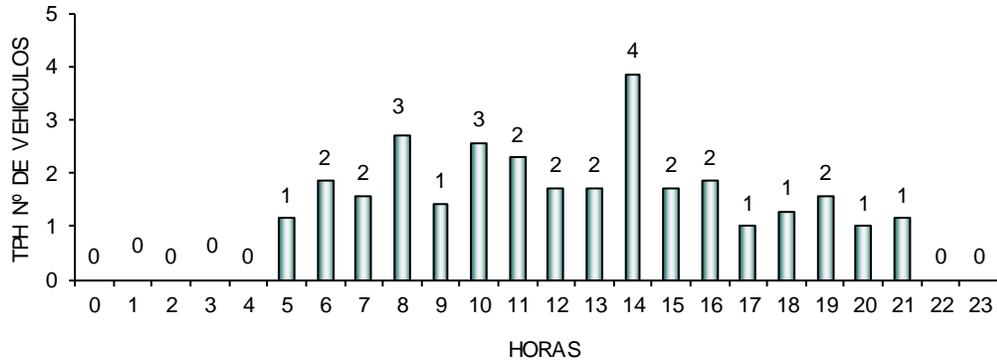
4.1.2 Desarrollo de la estadística de los datos levantados

Tabla 4.2. Variación horaria.

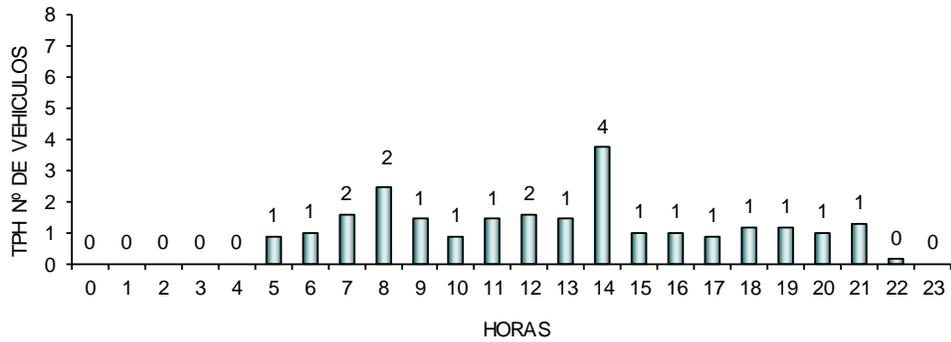
Estación: Rosillas.

Ruta: (Rosillas - San Francisco).

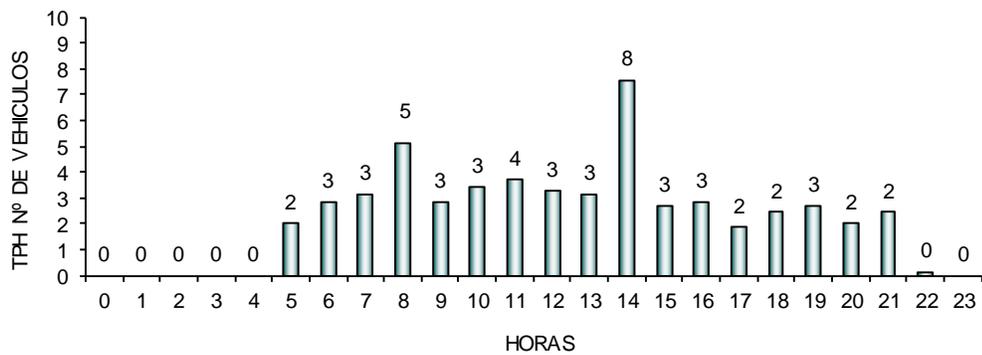
VARIACION HORARIA (SENTIDO 1)



VARIACION HORARIA (SENTIDO 2)

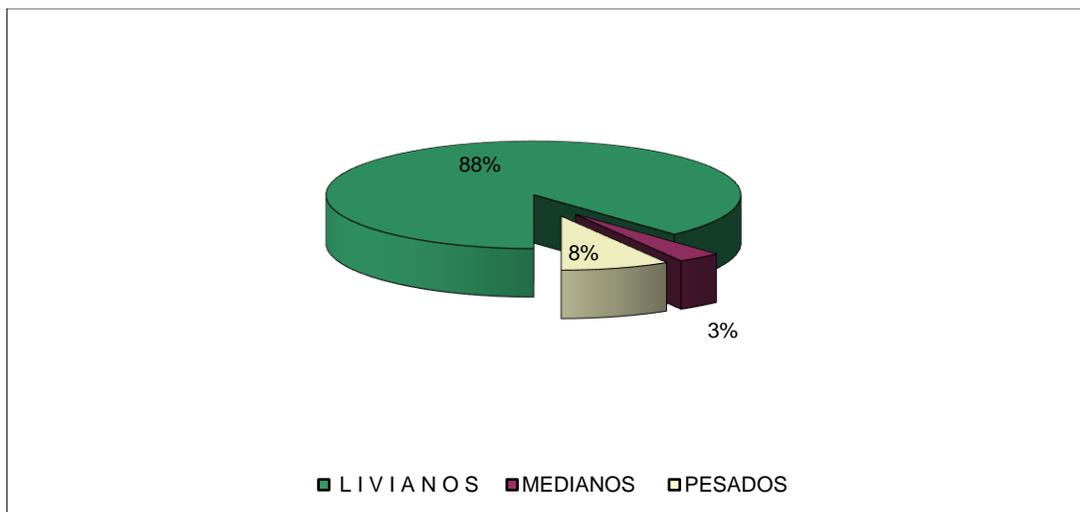
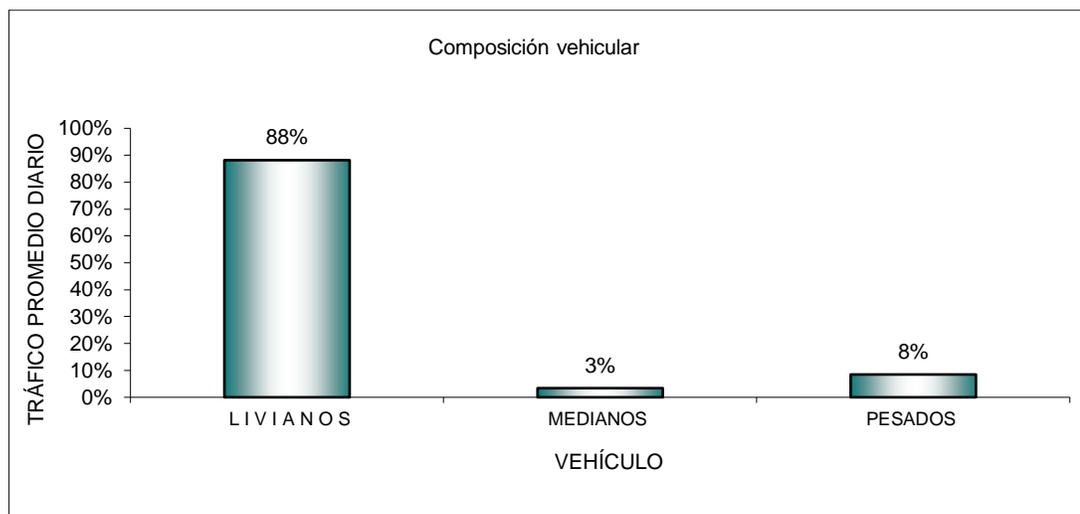


VARIACION HORARIA EN AMBAS DIRECCIONES



Fuente: Estudio aforo de tránsito.

Tabla 4.3. Composición vehicular.



Fuente: Estudio aforo de tránsito.

4.1.3 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Tabla 4.4. Índice de crecimiento.

	Índice de crecimiento
Poblacional Padcaya	1.13
Poblacional Tarija	2.82
Parque automotor Tarija	9.9
Ponderado	3.97

Fuente: Estudio aforo de tránsito.

$$TPD_{15} = TPD_0 * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

Donde:

TPDo = Volumen actual de vehículos

n = 20 [años] Periodo de Diseño

i = 3.97 [%] Índice de crecimiento

Tabla 4.5. Tráfico normal.

Tipos de Vehículos	1	2	3	Totales
	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	
2022	52	2	5	59
2023	54	2	5	61
2024	56	2	5	64
2025	58	2	6	66
2026	61	2	6	69
2027	63	2	6	72
2028	66	3	6	75
2029	68	3	7	77
2030	71	3	7	81
2031	74	3	7	84
2032	77	3	7	87
2033	80	3	8	91
2034	83	3	8	94
2035	86	3	8	98
2036	90	3	9	102
2037	93	4	9	106
2038	97	4	9	110
2039	101	4	10	114
2040	105	4	10	119
2041	109	4	10	124
Total	1543	59	148	1751
%	88.14	3.39	8.47	

Fuente: Estudio aforo de tránsito.

**Tabla 4.6. Tráfico generado y atraído.
Tráfico atraído.**

Tráfico atraído 5%

Tipos de Vehículos	1	2	3	Totales
	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	
2022				0
2023	3	0	0	3
2024	3	0	0	3
2025	3	0	0	3
2026	3	0	0	3
2027	3	0	0	4
2028	3	0	0	4
2029	3	0	0	4
2030	4	0	0	4
2031	4	0	0	4
2032	4	0	0	4
2033	4	0	0	5
2034	4	0	0	5
2035	4	0	0	5
2036	4	0	0	5
2037	5	0	0	5
2038	5	0	0	5
2039	5	0	0	6
2040	5	0	1	6
2041	5	0	1	6
Total	75	3	7	85
%	88.14	3.39	8.47	

Tráfico generado.

Tráfico generado 5%

Tipos de Vehículos	1	2	3	Totales
	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	
2022				0
2023	3	0	0	3
2024	3	0	0	3
2025	3	0	0	3
2026	3	0	0	3
2027	3	0	0	4
2028	3	0	0	4
2029	3	0	0	4
2030	4	0	0	4
2031	4	0	0	4
2032	4	0	0	4
2033	4	0	0	5
2034	4	0	0	5
2035	4	0	0	5
2036	4	0	0	5
2037	5	0	0	5
2038	5	0	0	5
2039	5	0	0	6
2040	5	0	1	6
2041	5	0	1	6
Total	75	3	7	85
%	88.14	3.39	8.47	

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

TPDA = Tráfico normal + Tráfico atraído + Tráfico generado

Tipos de Vehículos	1	2	3	Totales
	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	
2022	52	2	5	59
2023	59	2	6	67
2024	62	2	6	70
2025	64	2	6	73
2026	67	3	6	76
2027	69	3	7	79
2028	72	3	7	82
2029	75	3	7	85
2030	78	3	8	89
2031	81	3	8	92
2032	84	3	8	96
2033	88	3	8	100
2034	91	4	9	104
2035	95	4	9	108
2036	99	4	9	112
2037	103	4	10	116
2038	107	4	10	121
2039	111	4	11	126
2040	115	4	11	131
2041	120	5	12	136
Total	1692	65	163	1920
%	88.14	3.39	8.47	

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.

4.1.4 Determinación del factor equivalente vehículos ponderados

$$FCE = \frac{1}{10^{4.79 \cdot \log(18+1) - 4.79 \cdot \log(L_x + L_2) + 4.33 \cdot \log L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}}}$$

Donde:

FCE = Factor de carga equivalente.

SN = 3,0 Número estructural (asumido).

Pt = 2,5 Serviciabilidad final.

Lx = Carga eje simple, tándem

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \cdot L_2^{3.23}}$$

L2 = Código de eje.

L2 = 1 Eje simple.

$$G_t = \log \left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right)$$

L2 = 2 Eje tándem.

L2 = 3 Eje taridem.

 β_{18} = Igual a β_x cuando $L_x = 18$ y $L_2 = 1$

Tabla 4.7. Factores Equivalentes Vehiculares.

Tipos de Vehículos	1				2				3			
	L i v i a n o s				M e d i a n o s				P e s a d o s			
Nomenclatura	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Eje Delantero (ton)	0.6				4				5			
Eje Delantero (kips) (Lx)	1.32				8.8				11			
Eje Trasero (ton)	0.6				9				9			
Eje Trasero (kips) (Lx)	1.32				19.8				19.8			
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0			
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0			
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0			
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0			
F. E. Eje Delantero (*)	0.0000916				0.0729				0.1668			
F. E. Eje Trasero (*)	0.0001				1.4378				1.4378			
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0.0000				0.0000				0.0000			
F. E. Eje Trasero Remolque (*)	0.0000				0.0000				0.0000			
Factor Equivalente con carga completa	0.0002				1.5107				1.6046			
Eje Delantero (ton)	0.6				2				2			
Eje Delantero (kips) (Lx)	1.32				4.4				4.4			
Eje Trasero (ton)	0.6				4				5			
Eje Trasero (kips) (Lx)	1.32				8.8				11			
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0			
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0			
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0			
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0			
F. E. Eje Delantero (*)	0.0001				0.0051				0.0051			
F. E. Eje Trasero (*)	0.0001				0.0729				0.1668			
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0.0000				0.0000				0.0000			

F. E. Eje Trasero Remolque (*)	0.0000	0.0000	0.0000
Factor Equivalente con carga parcial	0.00018	0.0779	0.1719
Factor Equivalente Ponderado (II)	0.00018	1.15250	1.24646

Notas: - Se ha considerado un 75 % de vehículos cargados y el otro 25 % descargados

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.

Se ha considerado un 75 % de vehículos cargados y el otro 25 % descargados.

4.1.5 Determinación de ejes equivalentes

$$W_{18} = 365 (\text{Días/Año}) * \%TV * TPDA * FCE (\text{ejes } 18 \text{ Kips/eje})$$

Dónde:

W₁₈ = Número de reiteraciones de ejes equivalentes de 18000 libras.

%TV = 1,00 distribución direccional.

FCE = Factor equivalente de carga.

TPDA = Tránsito promedio diario anual de camiones.

Tabla 4.8. Número de ejes equivalentes.

Composición de Tráfico Vehicular	1	3	4	Total
Tipos de Vehículos	L i v i a n o s	Medianos	Pesados	
Factores Equivalentes Vehiculares	0.0002	1.1525	1.2465	--
TPDA	1692	65	163	1920
Total, Vehículos (365*TPDA)	617,686	23,757	59,393	700,836
Ejes Acumulados	111	27380	74031	101522

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.

Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **101,552**

4.2 Diseño estructural

Primeramente, se procederá a mejora los tramos con CBRs de 4 % que en nuestro caso son los tramos marcados con color verde.

N°	Procedencia	Prog.	Clasificación	Proctor		C.B.R.	
			AASHTO	D _{max}	%H _{op}	100%	95%
1	SUB RASANTE	0+500	A - 4 (5)	1,89	5,20	4	3
2	SUB RASANTE	1+000	A - 4 (5)	1,89	5,20	4	3
3	SUB RASANTE	1+500	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
4	SUB RASANTE	2+000	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
5	SUB RASANTE	2+500	A - 4 (2)	1,89	5,20	4	3
6	SUB RASANTE	3+000	A - 4 (2)	1,89	5,20	4	3
7	SUB RASANTE	3+500	A - 4 (0)	1,89	5,20	4	3
8	SUB RASANTE	4+000	A - 4 (0)	1,89	5,20	4	3
9	SUB RASANTE	4+500	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
10	SUB RASANTE	5+000	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
11	SUB RASANTE	5+500	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6
12	SUB RASANTE	6+000	A - 2 - 4 (0)	2,06	6,43	8	6

Tramos a mejorar

Progresiva 0+000 a 1+000

Progresiva 2+000 a 4+000

Longitud total a mejorar de 3 km

Para esto se aplicará un método mecánico, la **estabilización por sustitución del suelo** esto implica la remoción total del suelo natural existente de acuerdo al espesor de reemplazo, una vez alcanzado el nivel de excavacion indicado, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación por capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas.

El material a emplear tendra un CBR $\geq 10\%$ e IP menor a 10.

El espesor se adoptará de 25 cm. por la catidad de trafico en nuestro caso de 1920 veh/día.

Espesores recomendados para Estabilización por sustitución de suelo
3% ≤ CBR ≤ 6%

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0

Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 1ra Ed. (2015)

Una vez mejorado los tramos se tendra dos tipos de suelo con CBRs de 10 % y 8 %.

Haciendo un análisis de los tramos, los suelos más desfavorables son los de CBR de 8 % dato que se usará para el cálculo de los espesores de sub base base y tratamiento superficial doble.

Diseño pavimentos método AASTHO – 93

Es uno de los métodos más utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos.

Formulación de diseño

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

$$\log W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.321 \log M_R - 8.07$$

Donde:

SN	=	Número Estructural
W18	=	Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	=	Desviación Estándar Normal
So	=	Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
Δ PSI	=	Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	=	Serviciabilidad Inicial
Pt	=	Serviciabilidad Final
Mr	=	Módulo de Resiliencia

Variables del diseño

EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	101,522.00
ESAL's(W18) =	1.02E+05

CONFIABILIDAD

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

R (%) = 65.00 %

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Z_r)

Es función de los EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18).

$$Z_r = -0.385$$

**Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_r)
Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{F0}	75,000	150,000	-0.385
	T_{F1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{F2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{F3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{F4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{F5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{F6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{F7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{F8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{F9}	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T_{F10}	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T_{F11}	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T_{F12}	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T_{F13}	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T_{F14}	25,000,001	30,000,000	-1.645
T_{F15}		>30,000,000	-1.645	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía A-1110'93

ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So)

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

So =	0.450
------	-------

SERVICIABILIDAD (Δ PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

ÍNDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

Po =	3.8
Pt =	2.0

Δ PSI =	Po - Pt
----------------	---------

Δ PSI =	1.80
----------------	------

MÓDULO RESILIENTE (Mr)

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

CBR = 8 %	Mr = 9668.71 PSI
-----------	------------------

Número Estructural requerido	SN = 1.836
-------------------------------------	-------------------

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Zr \times So + 0.20 + 8.07$$

13.450	... Ecuación I
--------	----------------

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

13.450	... Ecuación II
--------	-----------------

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

SN	= Número Estructural.
a _{1,2,3}	= Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d _{1,2,3}	= Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m _{2,3}	= Coeficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a _i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a ₁	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a ₁	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	a ₁	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
			Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE.
Tratamiento Superficial Bicapa.	a ₁	0.250 (*)	No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a ₁	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			

BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 5'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $> 15'000,000$ EE

$$a_1 = 0.25 \text{ /cm}$$

$$a_2 = 0.052 \text{ /cm}$$

$$a_3 = 0.047 \text{ /cm}$$

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

m2 =	1
------	---

m3 =	1
------	---

NOTA: En la tabla nos indica que para un tratamiento superficial doble no se considera el espesor de la capa superficial, por lo tanto, la fórmula de SN sería la siguiente:

$$SN = a1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

Espesor de capa Superficial	D1 = 2.50 Cm
-----------------------------	---------------------

Espesor de Base	D2 = 15.00 Cm
-----------------	----------------------

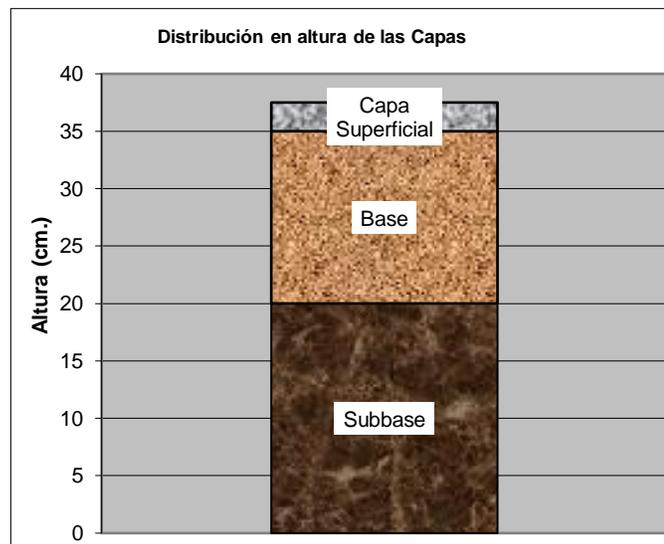
Espesor de Subbase	D3 = 20.00 Cm
--------------------	----------------------

Número Estructural requerido	SN = 1.836
------------------------------	-------------------

Número Estructural calculado	SN = 1.970	Comparando ambos "SN"	CUMPLE
------------------------------	-------------------	-----------------------	---------------

Paquete estructural.

	Pulg.	Cm.
Capa superficial	e= 0.010	2.50
Base Granular	e= 0.059	15.00
Subbase granular	e= 0.079	20.00



4.3 Diseño Geométrico

4.3.1 Criterios para diseño en planta

4.3.1.1 Curvas horizontales, tangentes y asignación progresiva correspondiente

Curvas horizontales: Las curvas horizontales pueden ser de dos tipos: de curvas circulares y curvas clotoide, para este proyecto sólo se trazó un solo tipo de curva, curva circular, debido a la categoría del camino (de desarrollo y con velocidad de 30 km/h) y la topografía, ya que la misma es de características de terreno montañoso a ondulado fuerte; por esto está compuesto de diferentes tipos de radios de curvaturas.

Tabla 4.9. Elementos de curvas horizontales.

<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	7571842.901	315173.502
End:	0+19.852	7571827.838	315160.57

<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	19.852	Course:	S 40° 38' 49.3418" W

<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+19.852	7571827.838	315160.57
RP:		7571863.665	315118.84
PT:	0+93.348	7571814.752	315093.69

<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	76° 33' 49.4954"	Type:	RIGHT
Radius:			55
Length:	73.496	Tangent:	43.408
Mid-Ord:	11.827	External:	15.066
Chord:	68.148	Course:	S 78° 55' 44.0895" W

Fuente: Cálculo de curvas horizontales.

NOTA. - Se puso los elementos de una curva horizontal como ejemplo, el resto de las curvas horizontales se encuentran en ANEXOS Diseño Geométrico.

4.3.1.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son curvas que se diseñan cuando se interceptan dos tangentes, en forma vertical, de un tramo de carretera. Con el fin de suavizar la intersección de dos tangentes, por medio de curvas verticales, se crea un cambio gradual entre las tangentes,

de este modo se genera una transición, entre una pendiente y otra, cómoda para el usuario de la vía, según su proyección las curvas verticales se clasifican en simétricas y asimétricas.

Tabla 4.10. Elementos de curvas verticales.

Alineación vertical

Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+205.28	Elevación:	2,167.555m
P.K. de VAV:	0+280.28	Elevación:	2,168.854m
P.K. de PTV:	0+355.28	Elevación:	2,166.079m
Punto alto:	0+253.11	Elevación:	2,167.969m
Inclinación de rasante			
Inclinación de rasante T.E.:	1.73%	T.S.:	-3.70%
Cambiar:	5.43%	K:	27.617m
Longitud de curva:	150.000m	Radio de curva	2,761.746m
Distancia de adelantamiento:	359.711m	Distancia de parada:	197.359m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+439.13	Elevación:	2,162.977m
P.K. de VAV:	0+466.85	Elevación:	2,161.952m
P.K. de PTV:	0+494.57	Elevación:	2,162.634m
Punto bajo:	0+472.43	Elevación:	2,162.361m
Inclinación de rasante			
Inclinación de rasante T.E.:	-3.70%	T.S.:	2.46%
Cambiar:	6.16%	K:	9.000m
Longitud de curva:	55.442m	Radio de curva	900.000m
Distancia de iluminación:	83.984m		

Fuente: Cálculo de curvas verticales.

NOTA. - Se puso dos ejemplos de una curva vertical, el resto de las curvas verticales se encuentran en ANEXOS Diseño Geométrico.

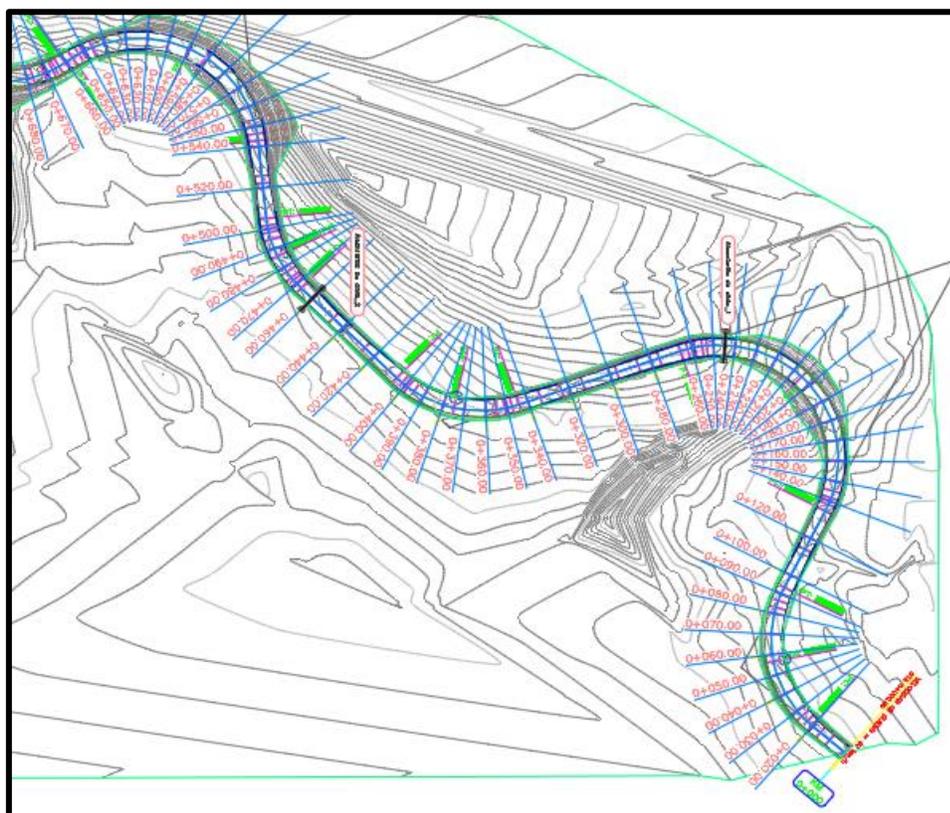
4.3.2 Diseño de perfil

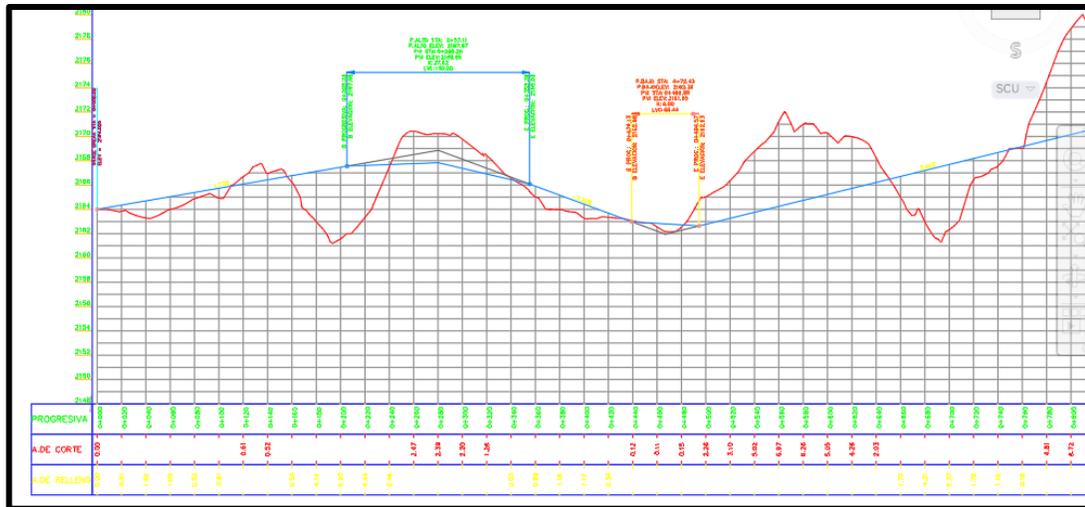
4.3.2.1 Diseño geométrico en perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Tabla 4.11. Cuadro del diseño realizado en Auto CAD civil.





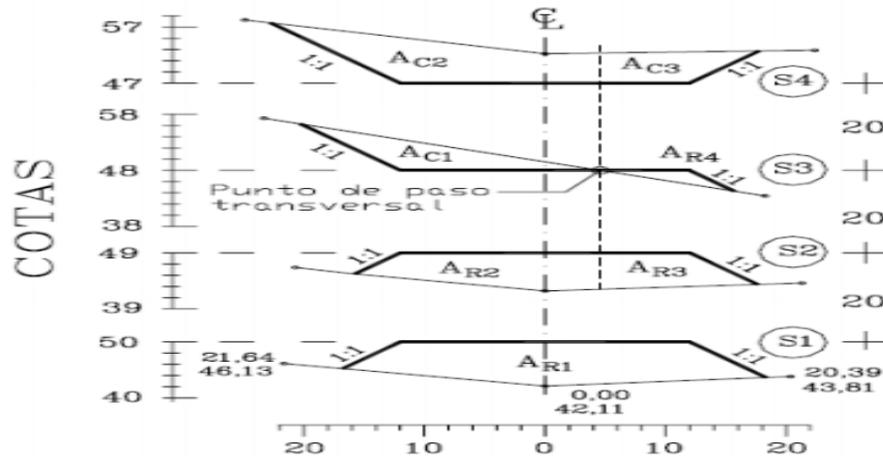
Fuente: Diseño realizado del tramo Rosillas - San Francisco.

4.3.2.2 Áreas y volúmenes

Para determinar los volúmenes de movimiento de tierras se emplean distintos métodos, los que se clasifican en: aproximados y exactos.

Como es conocido, la "exactitud" de los métodos de cálculo en las actividades de movimiento de tierra es un concepto relativo, generalmente la magnitud absoluta del error es despreciable cuando se compara con los enormes volúmenes de trabajo, es decir, el error relativo ((R) en general es despreciable, no obstante existe la clasificación anterior para tratar de ajustarse a las distintas etapas de proyecto: proyecto técnico (donde deben usarse los aproximados) y ejecutivo (donde deben ser usados los denominados: exactos).

Tabla 4.12. Distancias al eje.



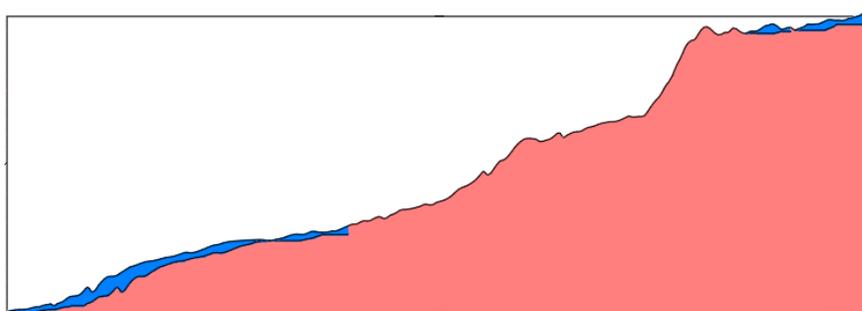
Fuente: "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC.

Tabla 4.13. Reporte de movimientos de suelos.

P.K.	Área de desmonte (metros cuadrados)	Volumen de desmonte (metros cúbicos)	Volumen reutilizable (metros cúbicos)	Área de terraplén (metros cuadrados)	Volumen de terraplén (metros cúbicos)	Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)	Vol. reutilizable acumul. (metros cúbicos)	Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)	Vol. neto acumul. (pies cúbicos)
0+020.000	1.11	0	0	2.4	0	0	0	0	0
0+030.000	0.09	5.56	5.56	6.68	47.51	5.56	5.56	47.51	-41.94
0+040.000	0	0.4	0.4	12.73	100.66	5.97	5.97	148.17	-142.2
0+050.000	0	0	0	12.39	130.34	5.97	5.97	278.51	-272.54
0+060.000	0.66	2.96	2.96	7.98	106.57	8.93	8.93	385.08	-376.15
0+070.000	1.27	8.69	8.69	5.82	72.77	17.62	17.62	457.85	-440.23
0+080.000	2.18	15.76	15.76	1.98	41.28	33.39	33.39	499.13	-465.74
0+090.000	3.06	24.37	24.37	0.51	13.22	57.76	57.76	512.34	-454.59
0+100.000	0.19	15.91	15.91	3.34	19.54	73.66	73.66	531.89	-458.22
0+120.000	12.16	123.48	123.48	0	33.38	197.15	197.15	565.27	-368.12
0+140.000	14.42	266.07	266.07	0	0.02	463.21	463.21	565.3	-102.08
0+150.000	14.77	146.46	146.46	0.06	0.28	609.67	609.67	565.58	44.09
0+160.000	3.81	94.17	94.17	5.44	25.21	703.84	703.84	590.79	113.05
0+170.000	0	20.15	20.15	30.77	166.72	723.98	723.98	757.51	-33.52
0+180.000	0	0	0	75.1	490.31	723.98	723.98	1247.82	-523.83
0+190.000	0	0	0	116.48	892.42	723.98	723.98	2140.24	-1416.25
0+200.000	0	0	0	99.71	1033.38	723.98	723.98	3173.62	-2449.63
0+210.000	0	0	0	92.82	952.29	723.98	723.98	4125.91	-3401.92
0+220.000	0	0	0	66.87	797.6	723.98	723.98	4923.51	-4199.52
0+230.000	0	0	0	31.65	492.49	723.98	723.98	5415.99	-4692.01
0+240.000	2.74	13.48	13.48	0.35	159.3	737.46	737.46	5575.3	-4837.83
0+250.000	28.07	153.64	153.64	0	1.61	891.11	891.11	5576.9	-4685.8
0+260.000	38.83	334.87	334.87	0	0	1225.98	1225.98	5576.9	-4350.93
0+280.000	35.09	741.23	741.23	0	0	1967.21	1967.21	5576.9	-3609.69
0+300.000	33.15	682.35	682.35	0	0	2649.56	2649.56	5576.9	-2927.34

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo Rosillas - San Francisco

Nota. - En el reporte de movimientos de suelos solo se muestran los datos desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+300.0, para su mejor apreciación junto al diagrama de masa se verificará con mayor claridad en los anexos correspondientes.

Tabla 4.14. Diagrama de movimientos de suelos.

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo Rosillas - San Francisco.

Tabla 4.15. Movimientos de suelos total.

Vol. Acumulado Relleno	Vol. Acumulado Corte
12582.81 m ³	53664.79 m ³

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo Rosillas - San Francisco.

Nota. - En el cuadro 4.15 se aprecia el volumen total tanto de relleno y corte, y podemos observar que en nuestro tramo tenemos más corte que relleno.

4.4 Diseño de drenaje

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor; su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

4.4.1 Cunetas

Se procedió a realizar el cálculo de las cunetas de acuerdo al caudal requerido para un determinado periodo de retorno. Mediante el diseño geométrico se obtuvieron los reportes de cunetas las cuales se muestran a continuación:

Reporte de cunetas							
No.	Derecha						Log (m)
1	INICIO	PROG	0 + 000	FIN	PROG	0 + 292	292
2	INICIO	PROG	0 + 318	FIN	PROG	0 + 550	232
3	INICIO	PROG	0 + 580	FIN	PROG	0 + 635	55
4	INICIO	PROG	0 + 635	FIN	PROG	0 + 760	125
5	INICIO	PROG	0 + 760	FIN	PROG	0 + 974	214
6	INICIO	PROG	0 + 974	FIN	PROG	1 + 200	226
7	INICIO	PROG	1 + 225	FIN	PROG	1 + 380	155
8	INICIO	PROG	1 + 380	FIN	PROG	1 + 575	195
9	INICIO	PROG	1 + 820	FIN	PROG	1 + 960	140
10	INICIO	PROG	1 + 960	FIN	PROG	2 + 240	280
11	INICIO	PROG	2 + 240	FIN	PROG	2 + 425	185
12	INICIO	PROG	2 + 450	FIN	PROG	2 + 670	220
13	INICIO	PROG	2 + 670	FIN	PROG	2 + 770	100
14	INICIO	PROG	2 + 770	FIN	PROG	2 + 910	140
15	INICIO	PROG	2 + 960	FIN	PROG	3 + 060	100
16	INICIO	PROG	3 + 158	FIN	PROG	3 + 220	62
17	INICIO	PROG	3 + 270	FIN	PROG	3 + 340	70
18	INICIO	PROG	3 + 375	FIN	PROG	3 + 500	125
19	INICIO	PROG	3 + 675	FIN	PROG	3 + 730	55
20	INICIO	PROG	3 + 800	FIN	PROG	3 + 836	36
21	INICIO	PROG	3 + 880	FIN	PROG	3 + 975	95
22	INICIO	PROG	3 + 975	FIN	PROG	4 + 160	185
23	INICIO	PROG	4 + 160	FIN	PROG	4 + 482	322
24	INICIO	PROG	4 + 482	FIN	PROG	4 + 740	258
25	INICIO	PROG	4 + 819	FIN	PROG	4 + 930	111
26	INICIO	PROG	4 + 958	FIN	PROG	5 + 220	262
27	INICIO	PROG	5 + 220	FIN	PROG	5 + 443	223
28	INICIO	PROG	5 + 443	FIN	PROG	5 + 645	202
						Total m	4665

Reporte de cunetas							
No.	Izquierda						Log (m)
1	INICIO	PROG	0 + 010	FIN	PROG	0 + 080	70
2	INICIO	PROG	0 + 230	FIN	PROG	0 + 245	15
3	INICIO	PROG	0 + 330	FIN	PROG	0 + 340	10
4	INICIO	PROG	0 + 490	FIN	PROG	0 + 531	41
5	INICIO	PROG	0 + 590	FIN	PROG	0 + 635	45
6	INICIO	PROG	0 + 635	FIN	PROG	0 + 680	45
7	INICIO	PROG	0 + 760	FIN	PROG	0 + 802	42
8	INICIO	PROG	0 + 821	FIN	PROG	0 + 840	19
9	INICIO	PROG	1 + 280	FIN	PROG	1 + 380	100
10	INICIO	PROG	1 + 431	FIN	PROG	1 + 477	46
11	INICIO	PROG	1 + 783	FIN	PROG	1 + 900	117
12	INICIO	PROG	2 + 024	FIN	PROG	2 + 050	26
13	INICIO	PROG	2 + 375	FIN	PROG	2 + 403	28
14	INICIO	PROG	2 + 460	FIN	PROG	2 + 490	30
15	INICIO	PROG	2 + 635	FIN	PROG	2 + 670	35
16	INICIO	PROG	2 + 875	FIN	PROG	2 + 960	85
17	INICIO	PROG	2 + 960	FIN	PROG	3 + 225	265
18	INICIO	PROG	3 + 260	FIN	PROG	3 + 525	265
19	INICIO	PROG	3 + 607	FIN	PROG	3 + 730	123
20	INICIO	PROG	3 + 775	FIN	PROG	3 + 860	85
21	INICIO	PROG	3 + 880	FIN	PROG	3 + 937	57
22	INICIO	PROG	3 + 975	FIN	PROG	4 + 025	50
23	INICIO	PROG	4 + 320	FIN	PROG	4 + 400	80
24	INICIO	PROG	4 + 417	FIN	PROG	4 + 465	48
25	INICIO	PROG	4 + 480	FIN	PROG	4 + 620	140
26	INICIO	PROG	4 + 660	FIN	PROG	4 + 710	50
27	INICIO	PROG	4 + 840	FIN	PROG	4 + 850	10
28	INICIO	PROG	4 + 890	FIN	PROG	4 + 911	21
						Total m	1948

Como se puede observar el tramo más crítico es el de la progresiva 4+160 – 4+482 teniendo una longitud de 322 m lado derecho para el cual se hizo los siguientes cálculos de cunetas.

DISEÑO DE CUNETETA

Progresiva 4+160 **Progresiva 4+482** **derecha**
 Pendiente= 6.96 %

Ecuación Racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Q = Caudal (m³/seg)

i = Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía (Adimensional)

A = Área de aporte (ha)

Datos:

i = 14.41 mm/h

C = 0.85

A = 0.11 ha

n = 0.020

Coeficiente de rugosidad (n=0.020 canales mampostería de piedra con cemento)

S = 0.070 %

Pendiente del tramo

Remplazando:

$$Q = 0.0038 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de Máximo Villón Béjar, se tiene los siguientes resultados:

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0038"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="2"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.02"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.07"/> m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0443"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.1981"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0039"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0198"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1772"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9685"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.0778"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0921"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Se tiene como resultado un tirante normal de:

$$y = 0.0443 \text{ m} \quad y + \text{borde libre} = y + 0.1 = \mathbf{0.14 \text{ m}}$$

Se asume una sección de cuneta triangular constructiva de: $h = 0.30 \text{ m}$

4.4.2 Alcantarillas

En el presente estudio se proyecta la construcción de alcantarillas de sección circular de chapa ARMCO.

Alcantarillas de alivio

Para el cálculo de alcantarillas de alivio se procedió analizar los puntos adecuados para la construcción de los mismos. Teniendo como resultado 19 alcantarillas de alivio.

Tabla 4.16. Ubicación alcantarillas de alivio

Tramo Rosillas - San Francisco		
N	Progresiva	Área de aporte (Ha)
1	0+292	59.5
2	0+550	59.5
3	0+634	47.8
4	0+974	7.47
5	1+200	10.7
6	1+380	10.7
7	1+960	10.7
8	2+240	10.7
9	2+450	10.7
10	2+770	11.4
11	3+225	6.65
12	3+525	6.65
13	3+730	6.65
14	4+160	213
15	4+482	20.7
16	4+819	20.7
17	5+220	15.6
18	5+443	15.6
19	5+645	15.6

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar la alcantarilla más crítica se encuentra en la progresiva 4+160 con un área de aporte de 213 ha. para la cual se hizo el cálculo correspondiente para el dimensionamiento de la alcantarilla.

DISEÑO DE ALCANTARILLA DE ALIVIO.

Prog. 4+160

Ecuación Racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Q = Caudal (m³/seg)

i = Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración (mm/h)

C = Coeficiente de escorrentía (Adimensional)

A = Área de aporte (ha)

Datos:

i = 16.36 mm/h

C = 0.45

A = 213.00 ha

n = 0.010

Coeficiente de rugosidad (n=0.010 tubería corrugada)

S = 0.14

Pendiente del tramo

Remplazando:

$$Q = 4.3559 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de Máximo Villón Béjar, se tiene los siguientes resultados:

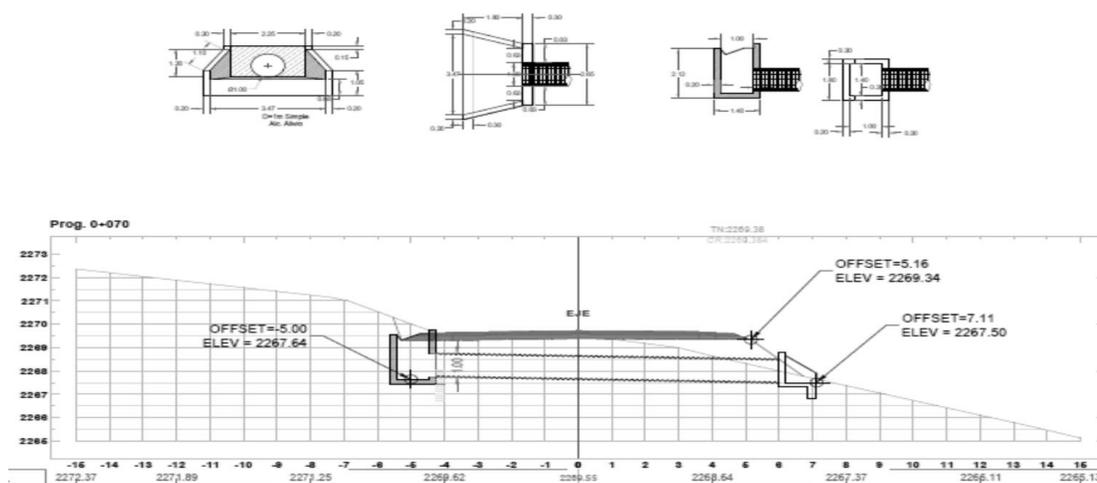
Datos:					
Caudal (Q):	<input type="text" value="4.3559"/>	m ³ /s			
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.8"/>	m			
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>				
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.14"/>	m/m			
Resultados:					
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4825"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="1.4228"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.3169"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2227"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.7828"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="13.7469"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="6.8986"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="10.1144"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Se tiene como resultado un tirante normal de:

$$y = 0.4824 \text{ m}$$

Se puede observar que con un diámetro de 0.8 m de tubería se logra evacuar todo el caudal del área de aporte (área más grande de estudio y para un periodo de retorno de 10 años)

Tabla 4.17. Diseño de alcantarillas de alivio.



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Estabilidad de taludes

Para la estabilidad de taludes se observaron todos los cortes de sección transversal y se eligió el talud más desfavorable de cada 500 metros a lo largo de toda la vía, teniendo un total de 12 taludes a estudiar.

Con la ayuda del programa Slide se procedió a calcular el factor de seguridad por el método de Spencer, de todos los taludes teniendo como datos los siguientes:

c' = Cohesión efectiva de suelo.

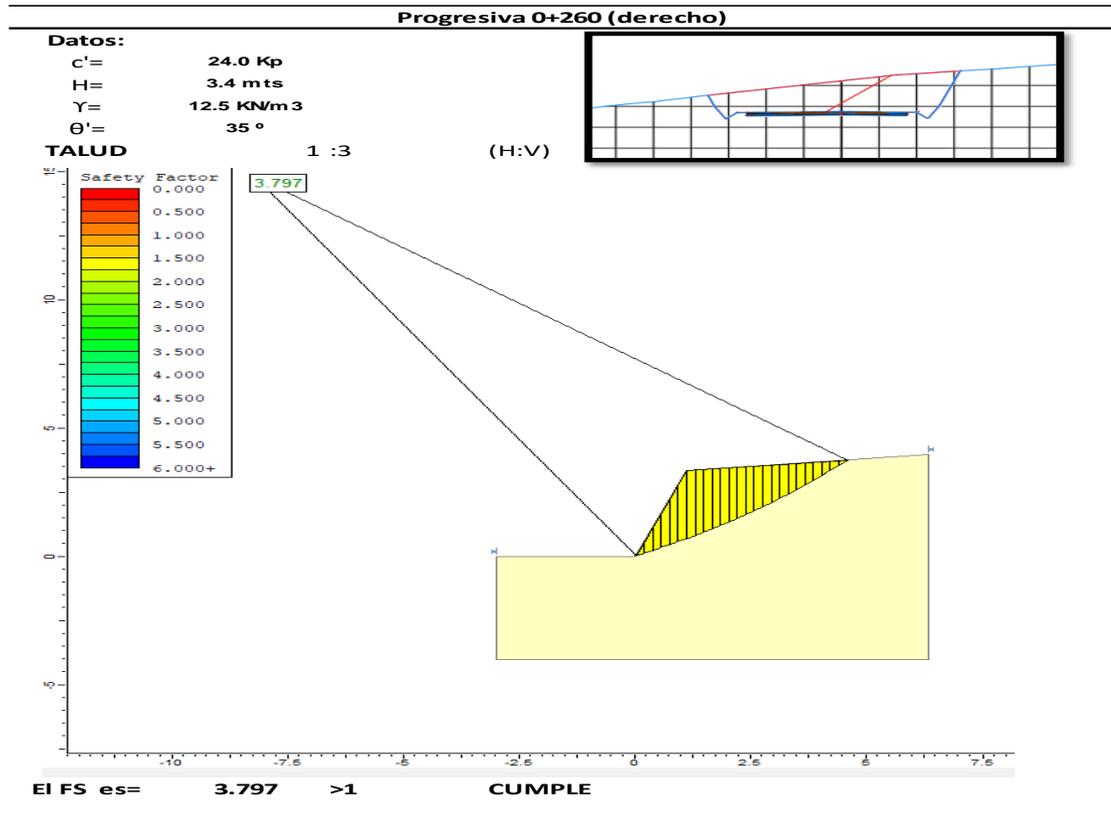
θ' = Ángulo de rozamiento interno.

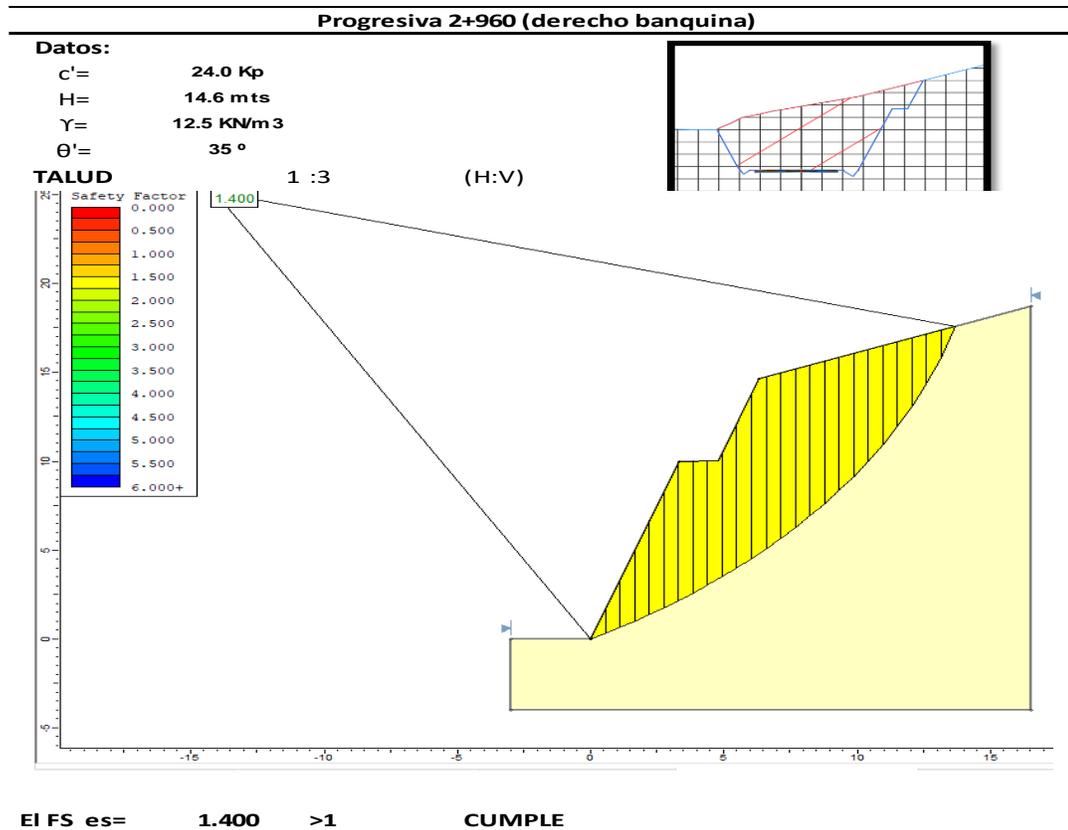
γ = Peso específico del suelo.

H = Altura del talud.

El factor de seguridad obtenido por el programa tiene que ser mayor a 1 para que el talud sea estable.

Tabla 4.18. Estabilidad de taludes.





Fuente: Elaboración propia.

Nota. – Se procedió a colocar 2 ejemplos de estabilidad de taludes, el resto de los taludes se puede apreciar mejor en ANEXOS Estabilidad de taludes.

4.6 Costos y presupuesto general

4.6.1 Cómputos métricos

El objeto que cumplen los cómputos métricos dentro de una obra es:

- 1.- Determinar la cantidad de material necesario para ejecutar una obra.
 - 2.- Establecer volúmenes de obra y costos parciales con fines de pago por avance de obra.
- Los cómputos métricos son problemas de medición de longitudes, áreas y volúmenes que requieren el manejo de fórmulas geométricas. El cómputo métrico requiere del conocimiento de procedimientos constructivos.

Tabla 4.19. Cómputos métricos.

Planilla de Cómputos métricos								
PROYECTO: "Diseño estructural de Ingeniería vial del tramo Rosillas - San Francisco"								
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	N.º DE VECES	LARGO (m)	ANCHO (m)- ÁREA (m2)	ALTO (m)	TOTAL, PARCIAL	TOTAL
M01 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS								
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb						1.00
			1				1.00	
2	REPLANTEO	ml						5,877.00
	Prog. 0+000 - 5+877		1	5877.00			5877.00	
M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS								
3	LIMPIEZA, DESBOSQUE Y DESTRONQUE	ha						7.05
			1	5877.00	12.00		7.05	
4	EXCAVACIÓN COMÚN C/EQUIPO	m3						53,664.79
	Total, volumen de excavación (ver anexos de resumen de movimiento de tierras)		1				53664.79	
5	RETIRO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3/km						41,081.98
	Total, volumen de excavación (ver anexos de resumen de movimiento de tierras)		1				41081.98	
6	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE E=25 CM	m3						5,250.00
	Prog. 0+000 - 1+000 2+000 - 4+000	Prog.	1	3000.00	7.00	0.25	5250.00	
7	CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES	m3						12,582.81
	Total, volumen de relleno (ver anexos de movimiento de tierras)		1				12582.81	
M03 - CONFORMACIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL								
8	CONFORMACIÓN DE CAPA SUB BASE	m3						8,227.80
	Prog. 0+000 - 5+877		1	5877.00	7.00	0.2	8227.80	
9	CONFORMACIÓN DE CAPA BASE	m3						6,170.85
	Prog. 0+000 - 5+877		1	5877.00	7.00	0.15	6170.85	
10	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA	m2						41,139.00
	Prog. 0+000 - 5+877		1	5877.00	7.00		41139.00	

11	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE, AGREGADOS Y EJECUCIÓN	m2					41,139.00
	Prog. 0+000 - 5+877		1	5877.00	7		41139
M04 - OBRAS DE ARTE							
12	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza.					19.00
	Alcantarillas de alivio		19				19.00
13	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE	m3					484.50
	Alcantarillas de alivio		19	8.50	2.50	1.20	484.50
14	EXCAVACIÓN P/CUNETAS REVESTIDAS	m3					1,058.08
	cunetas triangulares revestidas en diferentes longitudes en todo el tramo (revisar anexo 8 diseño de obras de drenaje)		1	6613.00	0.80	0.40	1058.08
15	COLOC. CAPA BASE ARENA SELECCIONADA COMPACTADA	m3					80.75
	Alcantarillas Tipo Alivio)		19	8.50	2.50	0.20	80.75
16	PROV Y COLOCACIÓN TUBOS DE ARMCO D=800mm	ml					161.50
	(Alcantarillas Tipo Alivio)		19	8.50			161.5
17	RELLENO COMPACTADO MANUAL - S/MATERIAL RELLENO	m3					316.54
	relleno para alcantarillas tipo 1		19	8.50	1.96		316.54
18	CUNETA DE HORMIGÓN	ml					6,613.00
	Diferentes longitudes en todo el tramo, revisar anexo 8		1	6613.00			6613.00
M05 - SEÑALIZACIÓN							
19	Señal vertical preventiva, 0.75 x 0.75 m	Pza.					30.00
	Total, señalización preventiva cuadrangular 0,75x0,75 en todo el tramo		30				30.00
20	Señal restrictiva, rectangular, 0.75 x 0.90 m	Pza.					10.00
	Total, señalización restrictiva cuadrangular 0,75x0,9 en todo el tramo		10				10.00
21	Líneas de señalización horizontal	m					17,631.00
	En este apartado se considera tanto líneas simples, dobles, segmentadas y demás consideradas en el diseño y todo el tramo		3	5877.00			17631.00

Fuente: Cómputos métricos y presupuesto.

4.6.2 Precios unitarios y presupuesto

El análisis de precios unitarios, según las NB-SABS (Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios), se realiza llenando el formulario B-2 por actividad o ítem y se encuentran detallados en ANEXO. (Cómputos métricos, precios unitarios y presupuesto). Además, se utilizó el programa PRESCOM (las planillas fueron exportadas al Excel) para cada ítem del proyecto.

4.6.3 Descripción de los componentes de los precios unitarios

Materiales

Es el primer componente que tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

La mano de obra se halla condicionada a dos factores:

- El precio que pagan por hora o salario.
- El tiempo de ejecución de la unidad de obra o rendimiento y a tres sistemas de trabajo, a jornal, a contrato y destajo.

Los costos indirectos de la mano de obra se calculan basados en varios criterios, englobados en las cargas sociales, que incluyen rubros como: aportes, vacaciones, licencias y enfermedad, días efectivamente trabajados, costos de campamento y alimentación. Todas estas incidencias fueron convertidas en días efectivamente pagados y en porcentajes de incidencia que sirvieron para determinar los factores de mayoración correspondientes.

En resumen, los costes directos son aquellos costes que tienen una implicación directa con el servicio que ofrecemos o con aquello que producimos.

Es decir, cuando mayor sea el coste que incurra en la prestación de un servicio o en la producción, es probable que mayor sea el precio venta, para poder obtener beneficio o ROI (retorno de la inversión).

Por otro, lado los costes indirectos son aquellos costes que no se pueden imputar directamente al servicio que ofrecemos o al producto que fabricamos.

El coste indirecto es aquel que afecta al proceso productivo de uno o más productos que vende una empresa, y que no puede medirse y asignarse directamente a una de las etapas productivas o a un producto concreto, sino que hay que asumir un criterio de imputación coherente.

A continuación, se expone la tabla de un ítem del proyecto.

Tabla 4.20. Precios unitarios

Ítem: Instalación de faenas

Unidad: glb

N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	Material				
1	-	Alambre de amarre	KG	25,00	13,00	325,00
2	-	Arena	m ³	4,00	130,00	520,00
3	-	Ladrillo 6 h. 24x15x9	PZA	2.000,00	0,10	200,00
4	-	Letreros	PZA	3,00	780,00	2.340,00
5	-	Calamina ondulada n 32	m ²	150,00	46,00	6.900,00
6	-	Grava	m ³	3,00	130,00	390,00
7	-	Clavos de calamina	KG	25,00	12,00	300,00
8	-	Estuco	kg	350,00	0,50	175,00
>	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	11.150,00
	B	Obrero				
1	-	Albañil	hr	40,00	20,00	800,00
2	-	Peón	hr	80,00	12,50	1.000,00
	E	Mano de obra indirecta		14,94% de	(B) =	268,92
	F	Beneficios Sociales		71,00% de	(B) =	1.278,00
>	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	3.346,92
	C	Equipo				
	H	Herramientas menores		5,00% de	(B) =	90,00
>	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	90,00
>	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	14.586,92
	L	Gastos Generales		13,00% de	(J) =	1.896,30
	M	Utilidad		10,00% de	(J) =	1.458,69
>	N	PARCIAL			(J+L+M) =	17.941,91
	O	IVA		14,94% de	(N) =	2.680,52
	P	IT		3,09% de	(N-A) =	209,87
>	Q	TOTAL ÍTEM			(N+O+P) =	20.832,30
>		PRECIO ADOPTADO:				20.832,30

Fuente: Cómputos métricos y presupuesto.

Nota. – Se procedió a colocar los precios unitarios del primer ítem como ejemplo, para mayor apreciación de todos los precios unitarios ver ANEXOS Análisis de costos

4.6.4 Presupuesto general

El presupuesto general del tratamiento superficial del tramo en estudio se mostrará en el siguiente cuadro (se la realizó con ayuda del PRESCOM):

Tabla 4.21. Presupuesto general.

Proyecto: Rosillas - San Francisco					
Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				45.515,70
1	Instalación de faenas	glb	1,00	20.832,30	20.832,30
2	Replanteo	ML	5.877,00	4,20	24.683,40
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS				2.936.820,38
3	Limpieza, desbosque y destronque	ha	7,05	11.262,57	79.401,12
4	Excavación común c/equipo	m ³	53.664,79	24,07	1.291.711,50
5	Retiro de material excedente	m ³ -km	41.081,98	15,18	623.624,46
6	Mejoramiento de subrasante e=25 cm	m ³	5.250,00	137,31	720.877,50
7	Construcción de terraplenes	m ³	12.582,81	17,58	221.205,80
>	M03 - CONFORMACIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL				4.661.089,84
8	Conformación de capa sub base	m ³	8.227,80	206,11	1.695.831,86
9	Conformación capa base	m ³	6.170,85	229,06	1.413.494,90
10	Imprimación bituminosa	m ²	41.139,00	19,99	822.368,61
11	Tratamiento superficial doble, agregados y ejecución	m ²	41.139,00	17,73	729.394,47
>	M04 - OBRAS DE ARTE				1.521.407,98
12	Replanteo-control obras de arte menor	pza	19,00	1.186,90	22.551,10
13	Excavación no clasificada c/maq p/obra de arte	m ³	484,50	17,33	8.396,38
14	Excavación p/cunetas revestidas	m ³	1.058,08	121,28	128.323,94
15	Colocado de capa base arena seleccionada	m ³	80,75	219,63	17.735,12
16	Provisión y colocado de tubos de chapa d=800 mm	m	161,50	2.040,19	329.490,68
17	Relleno compactado manual - s/material relleno	m ³	316,54	293,36	92.860,17
18	Cuneta revestida de mampostería de piedra	m	6.613,00	139,43	922.050,59
>	M05 - SEÑALIZACIÓN				180.856,72
19	Señalización vertical preventiva 0.75 x 0.75	pza	30,00	1.111,53	33.345,90
20	Señalización vertical restrictiva 0.75 x 0.90	pza	10,00	1.139,95	11.399,50
21	Línea de señalización horizontal	m	17.631,00	7,72	136.111,32

Total, presupuesto:

9.345.690,62

Fuente: Elaboración propia.

4.7 Alternativa de diseño

Para hacer un análisis comparativo de diseño, se procede a calcular los espesores y el presupuesto general de una alternativa, en nuestro caso realizaremos los cálculos para una carpeta asfáltica pavimento flexible.

Paquete estructural pavimento flexible

Capa superficial

Base Granular

Subbase granular

	Pulg.	Cm.
e=	0.020	5.00
e=	0.059	15.00
e=	0.079	20.00

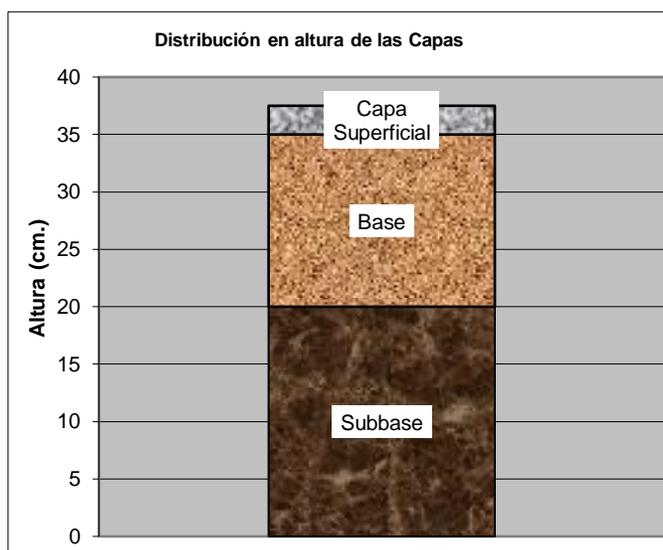


Tabla 4.22. Presupuesto general.

Proyecto: Rosillas - San Francisco

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				45.515,70
1	Instalación de faenas	glb	1,00	20.832,30	20.832,30
2	Replanteo	ML	5.877,00	4,20	24.683,40
>	M02 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				2.215.942,88
3	Limpieza, desbosque y destronque	ha	7,05	11.262,57	79.401,12
4	Excavación común c/equipo	m³	53.664,79	24,07	1.291.711,50
5	Retiro de material excedente	m³-km	41.081,98	15,18	623.624,46
6	Construcción de terraplenes	m³	12.582,81	17,58	221.205,80

>	M03 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				12.054.179,53
7	Conformación de capa sub base	m ³	8.227,80	206,11	1.695.831,86
8	Conformación capa base	m ³	6.170,85	229,06	1.413.494,90
9	Imprimación bituminosa	m ²	41.139,00	19,99	822.368,61
10	Carpeta asfáltica e=5cm c/provisión de cemento asfáltico e imprimación	m ²	41.139,00	197,44	8.122.484,16
>	M04 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				1.521.407,98
11	Replanteo-control obras de arte menor	pza	19,00	1.186,90	22.551,10
12	Excavación no clasificada c/maq p/obra de arte	m ³	484,50	17,33	8.396,38
13	Excavación p/cunetas revestidas	m ³	1.058,08	121,28	128.323,94
14	Colocado de capa base arena seleccionada	m ³	80,75	219,63	17.735,12
15	Provisión y colocado de tubos de chapa d=800 mm	m	161,50	2.040,19	329.490,68
16	Relleno compactado manual - s/material relleno	m ³	316,54	293,36	92.860,17
17	Cuneta revestida de mampostería de piedra	m	6.613,00	139,43	922.050,59
>	M05 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS				180.856,72
18	Señalización vertical preventiva 0.75 x 0.75	pza	30,00	1.111,53	33.345,90
19	Señalización vertical restrictiva 0.75 x 0.90	pza	10,00	1.139,95	11.399,50
20	Línea de señalización horizontal	m	17.631,00	7,72	136.111,32
Total presupuesto:					16.017.902,81

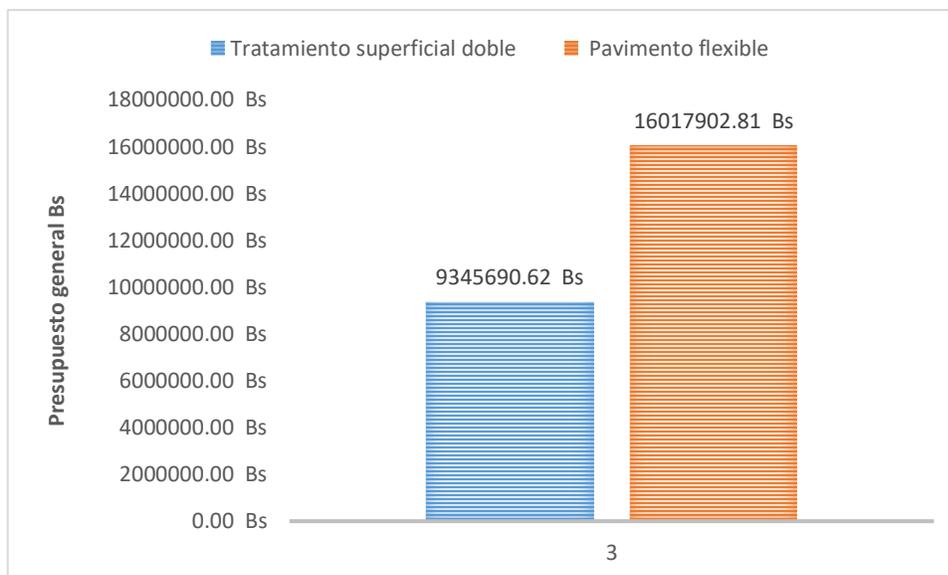
Análisis de alternativas

Una vez obtenidos los resultados de las alternativas procedemos a analizar y así poder elegir la mejor.

En el cuadro 4.23 se puede observar los precios generales tanto para un tratamiento superficial como para un pavimento flexible, se puede observar que para un pavimento flexible el presupuesto es 6,672,212.19 Bs más comparado con el tratamiento superficial.

Tabla 4.23. Presupuesto general.

Presupuesto general	
Tratamiento superficial doble	Pavimento flexible
9345690.62 Bs	16017902.81 Bs



Económicamente la mejor opción de diseño es el **Tratamiento superficial doble**

4.8 Especificaciones técnicas Rosillas – San Francisco

4.8.1 Obras preliminares

ÍTEM 1.1.- INSTALACIÓN DE FAENAS

Definición.

Este ítem comprende todos los trabajos preparatorios y previos a la iniciación de cada una de las obras y son:

- **Movilización, transporte y desmovilización.** - El traslado del equipo pesado se efectuará en camiones de gama baja, mientras que el equipo liviano se trasladará por sus propios medios, llevando el equipo liviano no autopulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc.
- **Topografía y georreferenciación.** - Basándose en los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BM's, se realizará los trabajos de replanteo y otros de topografía y georreferenciación requeridos durante la ejecución de las obras, que incluye el trazo de las modificaciones, correspondientes a las condiciones reales encontradas en el terreno.

- **Depósito y campamento.** – Se construirá un depósito de no menos de 30 m² de superficie, destinado a almacenar materiales y herramientas, también se construirá un campamento de no menos de 20 m².
- **Instalaciones.** – Se efectuará las instalaciones necesarias para proveer agua potable y energía eléctrica al depósito y campamento para todo el personal de trabajo.
- **A la conclusión de la obra.** - Todos los trabajos, materiales, equipos estipulados en este ítem, y demoliciones serán retirados.

Medición y forma de pago

No corresponde ninguna medición y el pago se efectuará en forma global.

ÍTEM 1.2.- REPLANTEO

Basándose en los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BM's, se realizará los trabajos de replanteo y otros de topografía y georreferenciación requeridos durante la ejecución de las obras, que incluye el trazo de las modificaciones aprobadas, correspondientes a las condiciones reales encontradas en el terreno. Se debe tener mucho cuidado y resguardo de los puntos físicos, estacas y monumentación instalada durante el proceso del levantamiento del proceso constructivo.

Se instalará puntos de control topográfico enlazado a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y de ser necesarias sus coordenadas geográficas. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección se deberá contar con personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo, estacado, referenciación, monumentación, cálculo y registro de datos para el control de las obras.

El personal, equipo y materiales deberán cumplir entre otros, con los siguientes requisitos: Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” (EG – 2013) Revisada y Corregida a Junio 2013 99

a) Personal

Se implementarán cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo

ordenado de operaciones que permitan la ejecución de las obras de acuerdo a los programas y cronogramas. El personal deberá estar calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido. Las cuadrillas de topografía estarán bajo el mando y control de un Ingeniero especializado en topografía con la experiencia requerida en el contrato.

b) Equipo

Se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar con el grado de precisión necesario, que permita cumplir con las exigencias y dentro de los rangos de tolerancia especificados. Asimismo, se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.

c) Materiales

Se proveerá los materiales en cantidades suficientes y las herramientas necesarias para la cimentación, monumentación, estacado y pintura. Las estacas deben tener área suficiente que permita anotar marcas legibles.

Medición y forma de pago

Los trabajos de replanteo serán medidos y cancelados por ML.

4.8.2 Movimiento de tierras

ÍTEM 2.1.- LIMPIEZA, DESBOSQUE Y DESTRONQUE

Definición

Este ítem comprende la limpieza del terreno y del desbroce necesario para realizar la obra.

La limpieza y desbroce consistirá en limpiar el área de todos los árboles, arbustos, matorrales o cualquier otro tipo de vegetación o material objetable, incluyendo la extracción de troncos, matas, raíces, etc, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los siguientes trabajos.

Medición y forma de pago

Los trabajos de limpieza serán medidos por el número de hectáreas en proyección horizontal que sean limpiadas.

ÍTEM 2.2. - EXCAVACIÓN COMÚN C/EQUIPO.

Definición

Este ítem cubre la excavación remoción y recolección satisfactoria de todos los materiales dentro de los límites requeridos de la obra, áreas intermedias y de drenaje, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con las dimensiones y secciones indicadas y según las líneas y gradientes indicadas en los planos.

Todo el material sacado de la excavación y que sea utilizable, se usará para relleno o conformación de terraplenes, subrazante, u otros trabajos.

Materiales, herramientas y equipos

Se proporcionará todos los materiales, maquinaria, equipo y herramientas adecuados para la ejecución de los trabajos.

Procedimiento para la ejecución

Las excavaciones se harán en los sitios indicados en los planos, dándoles las dimensiones y profundidades adecuadas. Ninguna excavación se comenzará a hacer hasta se tome las medidas de elevación transversales y las medidas del terreno y se hayan colocado las estacas correspondientes.

El material de la excavación se manejará de manera que la parte de dicho material indicado para el relleno se coloque debidamente, según lo indiquen los perfiles y las características del terreno. Este material se depositará en las áreas designadas, según lo indiquen los planos. Si durante la excavación no fuese posible colocar ningún material en el sitio correspondiente de acuerdo a la construcción permanente, se amontonará en las áreas aprobadas, para usarlo subsiguientemente.

En los cortes, toda roca suelta o protuberante, en los taludes del corte, se soltarán con barretas o se removerán de otra manera hasta obtener la pendiente definitiva.

Cuando sea necesario el uso de explosivos, ellos se permitirán siempre que hayan tomado todas las precauciones para proteger las personas, la obra y la propiedad, se reparará todo daño causado por negligencia, mala utilización y falta de precaución.

Se revisará constantemente los niveles del terreno, como las estacas de eje del camino y

de cabecera de corte; con la finalidad de obtener el perfil o sección adecuada de acuerdo a planos.

Medición y forma de pago

Este ítem será medido en metros cúbicos (m³). Para fines de cálculo de volúmenes y características del suelo se considerará un solo tipo de material, luego se clasificará estaca por estaca hasta obtener los volúmenes reales de cada clasificación.

Este ítem se pagará al precio unitario por metro cúbico para "Excavación de suelo semi duro" cuyo precio y pago constituirá la compensación completa por la remoción y adecuada eliminación del material de toda excavación necesaria para la preparación, construcción y terminación del proyecto; por la remoción de montones, por el acabado final de las superficies y taludes de acuerdo con los planos; y por el suministro de obreros, equipo, instrumentos y demás operaciones inherentes para completar este ítem.

ÍTEM 2.3.- RETIRO DE MATERIAL EXCEDENTE

Definición. -

Se refiere al transporte de materiales de excavación de cortes para conformación de terraplenes y transporte de préstamos.

Materiales, herramientas y equipos.

Los materiales transportados serán los obtenidos de la excavación de los tramos de corte y si se requiere de los bancos de préstamos indicados en los planos.

Procedimiento para la ejecución.

El transporte de materiales para conformación de terraplenes se aplicará a los materiales excavados provenientes de los cortes o préstamos en camiones de 24 m³ con la ayuda para cargar de una pala frontal.

Medición y forma de pago.

El transporte de los materiales para la ejecución de los servicios mencionados en esta especificación, serán medidos y cancelados en metros cúbicos por kilómetro.

ÍTEM 2.4.- MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE E=25 CM

Definición

Este trabajo consiste en excavar el terreno por debajo de la subrasante y su remplazo parcial o total con materiales aprobados debidamente conformados, acomodados y compactados, de acuerdo con la presente especificación, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del Proyecto.

Procedimiento para la ejecución

Para esto se aplicará un método mecánico, la **estabilización por sustitución del suelo** esto implica la remoción total del suelo natural existente de acuerdo al espesor de reemplazo, una vez alcanzado el nivel de excavación indicado, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación por capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas.

El material a emplear tendrá un CBR $\geq 10\%$ e IP menor a 10.

El espesor se adoptará de 25 cm. por la cantidad de tráfico en nuestro caso de 1920 veh/día.

Espesores recomendados para Estabilización por sustitución de suelo $3\% \leq \text{CBR} \leq 6\%$

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0

Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 1ra Ed. (2015)

Medición y forma de pago

Este ítem será medido y cancelado en metros cúbicos (m³).

ÍTEM 2.5.- CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos de relleno y compactado que deberán realizarse para la formación de terraplenes y ensanches de los existentes, después de haber sido concluidas las excavaciones según se especifique en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los terraplenes y ensanches existentes deberán construirse con material proveniente de la excavación. Los suelos deberán ser inorgánicos, libres de materia vegetal, material inadecuado, escombros, basuras, terrones, trozos de roca o bolones degradables o deleznable. Salvo indicación contraria, los materiales a emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes deberán tener un poder de soporte no inferior a 10% CBR. El tamaño máximo del material será de 150 mm, aceptándose una tolerancia de 5% en peso entre 150 mm y 200 mm. A los 0,30 m superiores del coronamiento de los terraplenes deberán construirse con suelos que se denominan "material de subrasante", cuyo poder de soporte no deberá ser inferior a 20% CBR, medido en las mismas condiciones estipuladas para el cuerpo del terraplén; el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

Procedimiento para la ejecución

Cuando un terraplén deba fundarse en una ladera, adosado a un terraplén existente o sobre un terreno natural de cualquier naturaleza, las áreas de apoyo deberán tratarse para formar, a medida que se construye el terraplén, una superficie aserrada con escalones horizontales de por lo menos 1,50 m de ancho. El material excavado deberá ser integrado a la construcción del terraplén adyacente. El sello de los escalones será compactado a medida que el material excavado sea integrado a la construcción del terraplén adyacente. El sello de las cuñas de transición de corte a terraplén y viceversa, deberá ser compactado previo a la colocación de material de terraplén sobre éste.

La colocación y compactación de los terraplenes se formarán mediante capas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la rasante del Proyecto, cubriendo todo el ancho del perfil transversal y en longitudes compatibles con los métodos empleados en la distribución, mezcla y compactación del material. El bombeo transversal deberá

mantenerse con una pendiente mínima, que asegure el escurrimiento de agua durante la construcción. La colocación del material se efectuará mediante camiones de volteo u otros equipos apropiados, debiéndose disponer de bulldozer, motoniveladoras u otros equipos adecuados para asegurar capas de espesor uniforme. La construcción deberá comenzar desde los puntos más bajos del perfil transversal y proseguir por capas superpuestas hasta alcanzar todo el ancho del terraplén. Se colocará la siguiente capa de material, sólo cuando la precedente se encuentre satisfactoriamente compactada y aprobada. El espesor compactado de las capas, incluyendo cualquier material subyacente que hubiera sido escarificado, deberá ser en general de 0,30 m como máximo. En este caso, el tamaño máximo del material sigue siendo 150 mm. Los terrones o conglomerados deberán romperse enteramente por medio de rastras de discos u otros métodos aceptables, de manera de cumplir con el tamaño máximo del material de 150 mm. Lo precedente, no se aplicará al coronamiento del terraplén, donde el espesor de la capa compactada se limitará a 0,30 m y el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

Medición y forma de pago

Este ítem será medido en metros cúbicos (m³).

Este ítem se pagará al precio unitario por metro cúbico para "Relleno y compactado c/máquina" cuyo precio y pago constituirá la compensación completa por el transporte de material para relleno y la compactación completa de los terraplenes hasta alcanzar la cota de la rasante indicada en los planos.

4.8.3 Conformado de paquete estructural (Tratamiento Superficial Doble)

ÍTEM 3.1.- CONFORMACIÓN DE CAPA SUB BASE

Definición

Esta especificación se aplica a la ejecución de sub-bases granulares constituidas de capas de suelo, mezclas de suelos con materiales granulares naturales o triturados, o productos totales de materiales triturados, en conformidad con los espesores, alineamientos y sección transversal indicados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales a ser empleados en la sub-base deben presentar un Índice de Soporte de California (CBR) igual o mayor a 30% y una expansión máxima de 1% determinados con la energía de compactación de la AASHTO T-180 D.

Los requisitos de plasticidad son: Límite Líquido < 25 % e índice Plástico > 6 %.

El agregado retenido en el tamiz N° 10 debe estar constituido por partículas duras y durables, la fracción fina que pase el tamiz N° 10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración. La fracción que pase el tamiz 200 será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz N° 40.

El diámetro máximo de agregado no será menor de 7.5 cm ni mayor que la mitad del espesor de la capa compactada. Las ubicaciones de fuentes de explotación de estos materiales están indicadas en los planos.

Se requieren los siguientes tipos de equipo para la ejecución de la sub-base:

- Planta seleccionadora o dosificador, si es necesario.
- Equipo de extracción y transporte.
- Motoniveladora pesada con escarificador.
- Camión tanque distribuidor de agua.
- Rodillos compactadores lisos vibratorios y neumáticos.

Procedimiento para la ejecución

Comprende las operaciones de distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado de los materiales transportados del yacimiento, realizadas sobre la subrasante debidamente preparada y en el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor proyectado luego de su compactación.

Las densidades de la capa acabada deberán ser como mínimo de 100% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180D, el contenido de humedad deberá variar como máximo entre $\pm 2\%$ de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior.

La limpieza, de los yacimientos deberá ser ejecutada cuidadosamente de tal manera que se evite la contaminación del material aprobado, así como desperdicios del mismo.

El material será esparcido sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación, y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

Medición y forma de pago

El volumen de sub-base será medido y cancelados en metros cúbicos de material compactado y aceptado de acuerdo a la sección transversal del proyecto.

Los precios incluyen la carga de material, distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado.

Así mismo incluir la construcción y mantenimiento de los caminos de servicio y toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar los trabajos descritos en esta especificación.

ÍTEM 3.2.- CONFORMADO DE CAPA BASE

Definición

Este trabajo consistirá en la ejecución de una capa de grava natural, o una mezcla de suelos o grava con agregados triturados, o materiales totalmente triturados, colocada y compactada, de acuerdo con lo establecido por las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos y sección transversal indicados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

La base será ejecutada con materiales que cumplan los siguientes requisitos:

Deberán poseer una composición granulométrica encuadrada en una de las columnas de la siguiente tabla:

% por peso del material que pasa por tamices con Malla cuadrada según AASHTO T-11 y T-27

Tamiz	Tipo de graduación		
	A	B	C
2''	100	100	-
1''	-	75 - 95	100
3/8''	30 - 65	40 - 75	50 - 85
Nº. 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
Nº. 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
Nº. 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30
Nº. 200	2 - 8	5 - 20	5 - 15

- e) La fracción que pasa el tamiz No. 40 deberá tener un límite líquido inferior o igual (\leq) a 25% y un índice de plasticidad inferior o igual (\leq) a 6%. Pasando de estos límites, el equivalente de arena deberá ser mayor ($>$) que 30%.
- f) El porcentaje del material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder a 2/3 del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.
- g) El índice de Soporte de California no deberá ser inferior a 60% y la expansión máxima será de 0.5%, cuando sean determinados con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180 D.
- h) El agregado retenido en el tamiz No. 10 debe estar constituido de partículas duras durables, exentas de fragmentos blandos, alargados o laminados y exentas de materia vegetal, terrones de arcilla u otra sustancia perjudicial, los agregados gruesos deberán tener un desgaste no superior a 50% a 500 revoluciones, según lo determine el ensayo AASHTO T-96.

Se requiere el siguiente equipo para la ejecución de la base:

- Planta trituradora, dosificadora o seleccionadora, según el caso.
- Equipo de extracción, carga y transporte.
- Motoniveladora pesada con escarificador.
- Camión tanque distribuidor de agua.
- Rodillos compactadores tipo liso-vibratorio y neumático.

Procedimiento para la ejecución

Comprende las operaciones de producción, distribución mezclada, humedecimiento o desecación, compactación y acabado, de los materiales transportados del yacimiento o planta, colocados sobre una superficie debidamente preparada y en el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor proyectado luego de su compactación.

La densidad de la capa acabada deberá ser como mínimo 100% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180 D, y el contenido de humedad deberá variar como máximo entre $\pm 2\%$ de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior. La limpieza de los yacimientos deberá ser ejecutada cuidadosamente de tal manera que se evite la contaminación del material aprobado.

El material será esparcido sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación, y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

Control Tecnológico

Serán ejecutados los siguientes ensayos:

- a) Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima por el método AASHTO T-180 D, con un espaciamiento máximo de 100 metros lineales, con las muestras recogidas en puntos que obedezcan siempre el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc., a 60 cm del borde.
- b) El número de ensayos de compactación podrá ser reducido siempre que se verifique una homogeneidad del material.
- c) Determinación de la densidad en sitio cada 100 metros lineales en los puntos donde fueran obtenidas las muestras para los ensayos de compactación.
- d) Determinación del contenido de humedad cada 100 metros lineales inmediatamente antes de la compactación.

- e) Ensayos de granulometría, de límite líquido y límite plástico, según los métodos AASHTO T-27, AASHTO T-89 y AASHTO T-90, respectivamente, con espaciamiento máximo de 150 metros lineales y un mínimo de dos grupos de ensayos por día.

Control geométrico

Después de la ejecución de la capa de base, se procederá al control de niveles del eje y los bordes, permitiéndose las siguientes tolerancias:

- a) Variación máxima en el ancho de más (+) 10 cm, no admitiéndose variación en menos (-).
- b) Variación máxima en el bombeo establecido de más (+) 0.5%, no admitiéndose variación en menos (-).
- c) Variación máxima de cotas para el eje y para los bordes de más, menos (\pm) 2 cm con relación a las cotas de proyecto.

Medición y forma de pago

El volumen de la base será medido y cancelado en metros cúbicos de material transportado, compactado y aceptado de acuerdo a la sección transversal del proyecto.

Dichos precios incluyen las operaciones de limpieza del yacimiento, excavación, carga, trituración, dosificación, distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado.

Asimismo, incluirá la construcción y mantenimiento de los caminos de servicio y toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar los trabajos descritos en esta Especificación.

ÍTEM 3.3.- IMPRIMACIÓN BITUMINOSA

Definición

La imprimación consiste en la aplicación de una capa de material bituminoso sobre la superficie de una base concluida, antes de la ejecución de cualquier revestimiento bituminoso, con el objeto de:

- Aumentar la cohesión de la superficie de la capa sobre la cual es aplicada, por la

penetración del material bituminoso.

- Promover la adherencia entre la base y el revestimiento.
- Impermeabilizar la superficie de la capa sobre la cual es aplicada.

Materiales, herramientas y equipos

Materiales Bituminosos

Todos los materiales bituminosos deben satisfacer las exigencias de las especificaciones a continuación detalladas:

Especificaciones de Materiales Bituminosos

Cemento Asfáltico:	AASHTO M-20
Asfalto diluido de curado lento:	AASHTO M-141
Asfalto diluido de curado medio:	AASHTO M-82
Asfalto diluido de curado rápido:	AASHTO M-81

Tipo de Materiales. -

Asfalto diluido de curado lento:	SC-70, SC-250
Asfalto diluido de curado mediano:	MC-30, MC-70
Asfalto diluido de curado rápido:	RC-250

El régimen de aplicación será aquel que permita la absorción del material bituminoso por la base en 24 horas, debiendo ser determinado experimentalmente en la obra.

La cantidad del material aplicado varía de 0.8 a 1.6 l/m², conforme al tipo y textura de la base y del material bituminoso elegido. Los materiales bituminosos para sus distintas aplicaciones deberán ser empleados dentro de los límites de temperatura que se indican a continuación:

Temperatura de Aplicación

Tipo y calidad del material	Límites de Temperatura	
	Mín. (° C)	Máx. (° C)
MC-30		
RC- MC – SC - 70	21.11	62.78
RC- MC – SC - 250	40.56	85.00

RC- MC – SC - 800	60.00	105.50
RC- MC – SC - 3,000	79.44	130.00
Todas las emulsiones	101.11	154.40
Todas las calidades de cemento asfáltico	10.00	60.00
RT – 1 – 2 – 3	15.56	176.70
RT – 4 – 5 – 6	29.44	54.44
RT – 7 – 8 – 9	65.56	65.56
RT – 10 – 11 – 12	79.44	107.00
RTCB – 5 – 6	15.56	120.00
		48.89

Material de Secado

Estos materiales consistirán de arena limpia que no deberá contener más del 2% de humedad. Además, deberá pasar el 100% por el tamiz N° 4 y por el tamiz N° 200 pasará de 0 a 2%.

Todo el equipo será examinado, antes de iniciarse la ejecución de la obra, debiendo estar de acuerdo con esta Especificación para que sea dada la orden de iniciación de los servicios.

Para el barrido de la superficie a imprimir, se usará de preferencia barredoras mecánicas rotativas, pudiendo ocasionalmente realizarse a mano esta operación.

También podrá utilizarse un soplador de aire comprimido.

La distribución del ligante deberá realizarse mediante carros distribuidores equipados con bomba reguladora de presión y un sistema completo de calentamiento, que permitan la aplicación del material bituminoso en cantidades uniformes.

Procedimiento para la ejecución.

La imprimación sólo podrá ser ejecutada cuando la parte inferior de la capa a imprimir estuviese con humedad no mayor que la humedad óptima + 2%.

Después de la perfecta conformación geométrica de la superficie a imprimir, se procederá al barrido de la misma con objeto de eliminar el polvo y el material suelto existente.

Luego se aplicará el material bituminoso adecuado, a la temperatura compatible con el tipo a utilizarse, en las cantidades ordenadas y de la manera más uniforme.

El material bituminoso no deberá aplicarse cuando la temperatura ambiental estuviera por debajo de 10°C, o en temperatura de aplicación del material bituminoso debe ser fijada para cada tipo de ligante, en función de la relación temperatura – viscosidad. Debe elegirse una temperatura que proporcione una mejor viscosidad para el riego.

En lo posible, la capa de imprimación deberá aplicarse a todo el ancho o en fajas de la mitad del ancho especificado en los planos. Cuando se aplique en dos o más fajas, deberá haber una ligera superposición del material bituminoso a lo largo de los bordes adyacentes de las fajas.

No se permitirá el libre tránsito sobre la superficie imprimada, sólo cuando el material bituminoso haya penetrado, estuviese seco y no haya riesgo de desprenderse por la acción del tránsito.

Si fuera necesario se podrá autorizar el tránsito antes del tiempo indicado, pero en ningún caso sin haber transcurrido por lo menos 8 (ocho) horas después del riego. En este caso se aplicará el material de secado y entonces el tránsito podrá autorizarse en las fajas así tratadas.

El material de secado se distribuirá desde camiones en tal forma que ninguna de las ruedas de éstos pase sobre el material bituminoso húmedo no cubierto aún por el material secante.

Cuando se coloque el material de secado sobre una faja del camino, adyacente a otra parte del mismo, que todavía debe ser tratada, se deberá dejar sin cubrir una franja de un ancho de por lo menos 20 cm a lo largo de la parte no tratada y en caso de que esta disposición no haya sido cumplida, se deberá eliminar ese material de secado cuando se prepare la segunda faja para el riego correspondiente, con el fin de obtener una superposición del material bituminoso en las uniones de las distintas fajas sometidas al tratamiento.

A fin de evitar una superposición o exceso en los puntos inicial y final de las aplicaciones, se deberá colocar papel de edificación, transversalmente al camino, de modo que el principio y el final de cada aplicación del material bituminoso se sitúen sobre dichas cubiertas, las cuales serán retiradas seguidamente.

Cualquier falla en la aplicación del material bituminoso debe ser inmediatamente corregida.

Medición y forma de pago

La ejecución de la imprimación será medida y cancelada en metros cuadrados de acuerdo a la sección transversal del proyecto. El suministro de material bituminoso aplicado en la imprimación será medido en litros

Dichos precios incluyen el suministro de materiales, calentamientos, acarreo, riego, colocación de material que secado si fuera necesario y el mantenimiento hasta que la capa de recubrimiento sea aplicada incluyendo toda la mano de obra, materiales, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo previsto en esta Especificación.

ÍTEM 3.4.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

Definición

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra, preparada con tal finalidad, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Para tratamientos múltiples, a partir de la segunda capa se repite el riego asfáltico y colocación de agregado pétreo.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:

Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad, indicadas a continuación:

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican a continuación:

Rangos de gradación para tratamientos superficiales

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

Material bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado de acuerdo a lo indicado en este proyecto será cemento asfáltico que cumpla con las características que se dan en las siguiente tabla.

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será calentado de manera general referencial dentro de los rangos de temperatura establecidos en la siguiente tabla.

Rangos de temperatura de aplicación (°C)

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido ⁽²⁾		Temperaturas de Mezclado en Planta ⁽¹⁾	
	Mezclas in situ	Tratamientos superficiales	Mezclas Densas	Mezclas Abiertas
Asfaltos Diluidos				
MC-30	--	30	--	--
RC-70 o MC-70	20	50	--	--
RC-250 o MC-250	40	75	55-80	--
RC-800 o NC-800	55	95	75-100	--
Emulsiones ASFálticas				
CRS-1	--	50-85	--	--
CRS-2	--	50-85	--	--
CMS-2	20-70	--	10-70	
CMS-2h, CSS-1, CSS-1h	20-70	--	10-70	
Cemento ASFáltico				
Todos los grados	140 máx (4)		140 máx (4)	

Medición y forma de pago

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero. El área se

determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos aprobados. No se medirá ninguna área por fuera de tales límites.

4.8.4 Obras de arte menor

ÍTEM 4.1.- REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR

Definición

Este ítem se refiere a la reposición de los ejes y niveles contemplados en los planos, para la determinación de las dimensiones de excavación, para las obras de drenaje del proyecto, alcantarillas, comprende todos los trabajos de replanteo y ubicación de las obras de arte necesario para la localización y la definición física en el terreno, en general y en detalle, en estricta sujeción a los planos de construcción.

Materiales, herramientas y equipos

Se proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos de trazado y replanteo de obras de arte, tales como: equipo topográfico, estacas (2X2X0.30), clavos, pinturas, mojones, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo.

Todas las herramientas menores y el equipo topográfico necesario para las actividades de replanteo, deberán ser provistos en obra al momento de iniciar las actividades correspondientes al ítem

Procedimiento para la ejecución

Se hará el replanteo de todas las obras a construirse de acuerdo a los planos del proyecto.

La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles de trabajo serán marcados en el campo para su verificación y deberán poseer puntos de referencia para su restitución en caso de pérdida de estacas, mojones, etc.

Las áreas de ubicación de las obras, deberá ser despejada, de obstáculos, ramazón, arbustos, y demás impedimentos que no permitan la facilidad del trabajo a realizar.

Una vez determinada la ubicación y cota referencial de cada obra, se referenciará la misma con una estaca situada en proximidad y que estará en un lugar de fácil acceso y en forma tal que no pueda ser destruido. La ubicación del punto de referencia será indicada en un esquema correspondiente, y después que se apruebe el replanteo.

Una vez aprobado el replanteo los trabajos como excavaciones deberán ejecutarse con un control permanente de niveles anchos de zanja, secciones, etc. a fin de evitar sobre excavaciones innecesarias hasta llegar a las cotas establecidas en los planos.

Medición y forma de pago

El ítem se medirá y pagará por pieza o unidad replanteada en campo o considerándose las distancias que hayan trabajado para localizar el punto de partida.

ÍTEM 4.2.- EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE (ALCANTARILLA)

Definición

Esta sección comprende todos los trabajos de excavación con maquinaria para el colocado de las alcantarillas, hasta la profundidad indicadas en los planos correspondientes. Este trabajo se llevará a cabo utilizando maquinaria, según las dimensiones que se especifica en los planos constructivos y con procedimientos indicados en las presentes especificaciones técnicas.

Materiales, herramientas y equipos

Se realizará los trabajos arriba mencionados con maquinaria retroexcavadora y con las herramientas y equipo convenientes.

Procedimiento para la ejecución

Las excavaciones se realizarán con maquinaria y en ciertos casos manualmente, dejando el fondo de la zanja nivelado y terminado de manera que la base de fundación ofrezca un apoyo firme para los cimientos.

El material extraído de la excavación será apilado a un solo lado de la zanja a una distancia mínima de 1.0 mts. del borde de la zanja, de manera que no se produzcan presiones en el

lado de la pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación de los materiales que se utilizarán para las fundaciones.

Medición y forma de pago

La excavación para las obras de arte, se medirán y cancelarán en metros cúbicos (M3), considerando las dimensiones y profundidades indicadas en los planos.

Estos precios serán la compensación total por el equipo, materiales, herramientas, mano de obra, impuesta e imprevista, que en forma directa o indirecta tengan incidencia en los costos de su ejecución, así como el transporte del material sobrante.

ÍTEM 4.3.- EXCAVACIÓN P/CUNETAS REVESTIDAS

Definición

Esta sección comprende todos los trabajos de excavación con maquinaria para las cunetas laterales, hasta la profundidad indicadas en los planos correspondientes. Este trabajo se llevará a cabo utilizando maquinaria, según las dimensiones que se especifica en los planos constructivos y con procedimientos indicados en las presentes especificaciones técnicas.

Materiales, herramientas y equipos

Se realizará los trabajos arriba mencionados con maquinaria retroexcavadora y con las herramientas y equipo convenientes.

Procedimiento para la ejecución

Deberá considerarse la excavación no clasificada, a consideración de la excavación que sea identificada en el lugar ya sea en terreno semiduro, duro o en roca dura o suelta.

El material extraído de la excavación será apilado a un solo lado de la zanja a una distancia mínima de 1.0 mts. del borde de la zanja, de manera que no se produzcan presiones en el lado de la pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación de los materiales que se utilizarán para las fundaciones.

Medición y forma de pago

La excavación para las obras de arte, se medirán y cancelarán en metros cúbicos (M3), considerando las dimensiones y profundidades indicadas en los planos.

Estos precios serán la compensación total por el equipo, materiales, herramientas, mano de obra, impuesta e imprevista, que en forma directa o indirecta tengan incidencia en los costos de su ejecución, así como el transporte del material sobrante.

ÍTEM 4.4.- COLOC. CAPA BASE ARENA SELECCIONADA COMPACTADA

Definición

Después de unificada la excavación y compactación de la base para la alcantarilla, se procederá al tendido de arena de granulometría media, en un espesor indicado en los planos de detalles., esto con el objeto de servir como base para el tubo metálico arco.

Materiales, herramientas y equipos.

Para la cama de arena, se utilizará arena limpia y seleccionada, que cumpla con las exigencias para preparación del colocado de tubería.

Procedimiento para la ejecución.

Previamente se verificará la base de la alcantarilla, para el colocado de la cama de arena, la cual deberá estar de acuerdo con los profundidades indicados en los detalles de los planos, además debe tener una resistencia a la fatiga que guarde relación con las normas y especificaciones para alcantarillas; en caso que llegarán a presentarse irregularidades que podrían alterar el perfil de la tubería, deberá previamente corregirse para que una vez corregidas se proceda al colocado de la capa de arena de 20 cm. de espesor, que servirá para el asentamiento de las tubería; dicha arena no deberá contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes límites:

Porcentaje en Peso

Máximo admisible	Designación
Terrones de arcilla	1-2
A.A.S.S.H.T.O. T-112-24	

Carbón o lignito	1-2
A.A.S.S.H.T.O. T-113~70	
Material que pasa el tamiz N°200	3-5
A.A.S.S.H.T.O. T- 11-74	

La capa de arena debe tener la siguiente granulometría:

Designación del tamiz		Total que pasa %		
No	4			100
No	16	95	---	100
No	50	40	---	80
No	100	10	---	30
N°	200	3	---	5

La capa de arena debe ser ligeramente compactada con una plancha vibradora y luego alisada con una regla, dándole una pendiente transversal de 2% al 3 %.

Es imprescindible mantener la base de fundación de la capa de arena completamente seca, ya que los efectos del agua pueden perjudicar los trabajos.

Medición y forma de pago

La medición y cancelación se efectuará por metro cúbico efectivamente terminado, medido en obra, e indicado en los planos de las presentes especificaciones.

Este precio unitario será compensación por gastos de equipos, herramientas, materiales, mano de obra y otros gastos que incidieran en el mismo.

ÍTEM 4.5.- PROVISIÓN Y COLOCADO TUBO CHAPA ARMCO D=1000 MM

Definición

Este ítem comprende la provisión y colocación de alcantarillas de tubos ARMCO, con un Ø de 1,00 metros para la conformación de las alcantarillas de alivio.

Los tubos de metal corrugado deberán ser galvanizados y obedecer las exigencias de las especificaciones AASHTO M-36 y AASHTO M-167.

Materiales, herramientas y equipos

Los ductos de metal corrugado deberán estar constituidos por planchas acanaladas de acero galvanizado, de los espesores que se indiquen en el Proyecto y que cumplan con lo establecido en ASTM A 760M para corrugaciones 67,7 x 12,7 y 76,2 x 25,4, y con lo exigido por la ASTM A 761M para la corrugación 152,4 x 50,8. El recubrimiento de zinc en ambas caras será el especificado en el Proyecto, pero en ningún caso deberá ser inferior a 610 g/m², determinado según lo establecido en NCh 570. Los pernos deben cumplir con lo establecido en la norma ASTM A 449 (tipo 1), o con lo exigido por ASTM A 307 sólo en el caso de corrugación 67,7 x 12,7 con espesores iguales o menores que 2,5 mm. Las tuercas serán de calidad ASTM A563, Gr. B y Gr. A respectivamente. Pernos y tuercas deberán ser galvanizados de acuerdo con ASTM A 153 clase C. Sólo se aceptarán ductos que se ajusten a lo establecido en NCh 567, sin desperfectos que comprometan la estabilidad y duración de la estructura; además, deberán cumplir con lo que se especifica a continuación:

- La relación entre el diámetro efectivo y el diámetro nominal de los tubos circulares no variará en más de 5% para diámetros de hasta 1.000 mm, 3% para diámetros mayores que 1.000 mm y hasta 1.800 mm, y 2% para diámetros superiores a 1.800 mm.
- El espesor mínimo de las láminas de acero y el recubrimiento de zinc serán los especificados en el Proyecto.
- Los tubos no presentarán bordes mellados o rasgados
- El galvanizado no presentará saltaduras, escamas o resquebrajaduras
- Las perforaciones no tendrán rebabas
- Los pernos tendrán sus cabezas bien moldeadas.

Procedimiento para la ejecución

La preparación del lecho de fundación, relleno de fundaciones, así como el relleno de las zanjas y terraplenes adyacentes se harán de acuerdo a lo prescrito en el ítem Relleno Compactado y en conformidad con la especificación de excavación y relleno.

El lecho de fundación, cuando así lo disponga el diseño, deberá ser arqueado a fin de evitar la formación de una depresión en la línea de escurrimiento de la alcantarilla debido al asentamiento producido por el relleno. La altura a arquear será indicada en el diseño durante la construcción, dependiendo de la gradiente de la alcantarilla, la altura del terraplén y las características de asentamiento del suelo de fundación.

Las planchas de los tubos se colocarán con las secciones firmemente unidas entre sí, siguiendo las especificaciones del fabricante.

Los tubos se colocarán rigurosamente de acuerdo al alineamiento y cotas del diseño. Todo tubo mal alineado, indebidamente asentado después de su colocación, o dañado, será extraído y recolocado o remplazado.

Todos los tubos serán transportados y manipulados de modo que se evite su abollamiento, escamado o rotura de sus recubrimientos protectores. En ningún caso podrán arrastrarse sobre el suelo ni ejecutar los terraplenes adyacentes con piedras, de modo a evitar daños en el revestimiento. Cuando se indique un apuntalamiento de los tubos, su diámetro vertical será aumentado en un 5% por medio de gatos adecuados aplicados después de haberse colocado toda la tubería, en el lecho preparado y antes de rellenar. El 5% de aumento será uniforme en todo el largo de la alcantarilla, excepto cuando los planos indiquen que podrá reducirse gradualmente debajo de los taludes laterales del terraplén, hasta llegar a cero en los extremos de la alcantarilla. El tubo se mantendrá en esta forma por medio de repisas y puntales, o por tensores horizontales.

Los tubos se colocarán sobre un lecho de arena con un espesor mínimo de 20 cm.

Medición y forma de pago

Este ítem será medido y cancelado en metros lineales de tubería colocada y terminada, aprobado y determinado entre los extremos de la alcantarilla. Las mediciones serán de acuerdo a lo proyectado en los planos y verificadas en obra.

Este pago es la compensación total de gastos de materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas, gastos administrativos, etc. y otros concernientes a la ejecución de este ítem.

ÍTEM 4.6.- RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL GRANULAR

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos de relleno y compactado en las zanjas y excavaciones ejecutadas para alojar las tuberías de alivio, de acuerdo a lo establecido en los planos. Esta actividad se iniciará una vez concluidos y aceptados los trabajos de tendido de tuberías y otras obras.

Materiales, herramientas y equipos

El material de relleno a emplearse será preferentemente el mismo suelo extraído de la excavación, libre de pedrones y material orgánico. No se permitirá la utilización de suelos con excesivo contenido de humedad, considerándose como tales, aquellos que igualen o sobrepasen el límite plástico del suelo. Igualmente se prohíbe el empleo de suelos con piedras mayores a 10 cm de diámetro.

No son aptos para el relleno, materiales que contengan materias orgánicas, raíces, arcilla, además todo material cuyo peso específico en seco sea menor a 1.600 Kg. /mt³.

Las zonas excavadas alrededor de las obras de arte, deberán ser rellenadas con material aprobado, colocado en capas horizontales no más de 30 cm hasta llegar nuevamente a la cota del terreno natural original. Cada capa deberá ser humedecida u oreada según sea necesario, y compactada íntegramente.

Al colocar rellenos o construir terraplenes, el material empleado deberá colocarse en lo posible, simultáneamente a la misma cota de elevación, en ambos lados de las alcantarillas.

Procedimiento para la ejecución

Una vez instalada la tubería, se procederá, a colocar suelo compactado en capas de 20 cm de espesor, alrededor del tubo, para ser apisonado hasta cubrir el 30% inferior de su altura, cada una de dichas capas deberá ser la compactación. Se deberá tener especialmente cuidado, para compactar el material completamente debajo de las partes redondeadas del

tubo y de asegurarse que el material de relleno quede en íntimo contacto con los costados de dicho tubo.

Este material de relleno deberá colocarse uniformemente a ambos costados del tubo y en toda la longitud requerida. Excepto cuando así pueda exigirse en un método imperfecto de excavación de zanjas, el material de relleno se deberá colocar en toda la profundidad de la zanja practicada.

Cuando la parte superior del tubo se encuentra sobre la cota superior de la excavación, se deberá, colocar y compactar material de terreno, haciéndolo en capas no más de 15 cm de espesor.

Medición y forma de pago

El relleno y compactado será medido y cancelado en metros cúbicos compactados en su posición final de secciones.

ÍTEM 4.7.- CUNETA DE HORMIGÓN

Definición

Este trabajo consiste en el acondicionamiento y el recubrimiento con hormigón simple de las cunetas del proyecto de acuerdo con las formas, dimensiones y en los sitios señalados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales para las cunetas revestidas deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

(a) Hormigón Pulido

El concreto será de clase definida en el Proyecto.

(b) Sellante para juntas

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

(c) Traslado de concreto y material de relleno

Desde la zona de préstamo al lugar de las obras, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado y evitar afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares.

Los montículos de material almacenados temporalmente se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos.

Procedimiento para la ejecución

a) Acondicionamiento de la cuneta en tierra

Se deberá acondicionar la cuneta en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, carga, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, para obtener la sección típica prevista.

Se deberá tener en consideración los residuos que generen las sobras de excavación y depositar los excedentes en lugares de disposición final. Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocar la caída de material de ladera abajo, afectando la salud del hombre y ocasionar impactos ambientales al medio ambiente.

b) Colocación de Encofrados

Acondionadas las cunetas en tierra, se instalará los encofrados de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos.

Para las labores de encofrado se utilizarán madera aserradas.

c) Elaboración del concreto

Se deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborar con la resistencia exigida, transportarla y entregarla.

Durante el traslado de los materiales, se tendrá cuidado en que no emitan partículas a la atmósfera, humedeciendo el material y cubriéndolo con una lona. En la mezcla del concreto tendrá cuidado de no contaminar el entorno (fuentes de agua, humedales, suelo, flora, etc.).

d) Construcción de la cuneta

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la cuneta en tierra, se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, el señalado en los planos.

Durante la construcción, se deberán dejar juntas a los intervalos y con la abertura que indiquen los planos.

Se deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento.

El material excedente de la construcción de la cuneta, será depositado en lugares de disposición final adecuados a este tipo de residuos.

Medición y forma de pago

La unidad de medida y cancelación del ítem será el metro lineal (ml), aproximado al décimo de metro, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos.

4.8.5 Señalización

ÍTEM 5.1.- SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA, 0.75 X 0.75 M

ÍTEM 5.2.- SEÑAL RESTRICTIVA, RECTANGULAR, 0.75 X 0.90 M

ÍTEM 5.3.- LÍNEAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (SIMPLES, ETC.)

Definición

El trabajo consistirá en la ejecución de un sistema de señalización horizontal y vertical, llevado a cabo de acuerdo con esta Especificación de las instrucciones integrantes del

“Manual Técnico de Señalización Vial” de la Administradora Boliviana de Carreteras (2009).

La ubicación, forma y tipo de las señales, obedecerán al diseño de la señalización.

La señalización horizontal consistirá en la colocación de fajas de 10 - 15 cm de ancho de acuerdo a lo establecido en el manual de diseño.

Materiales, herramientas y equipos

Señalización Vertical

Los postes de hormigón armado deberán ser fabricados atendiendo las Especificaciones (Hormigones y Morteros), (Acero para Hormigón Armado) y (Encofrados y Apuntalamiento)

Las chapas de acero serán del tipo SAE 1010/1020 calibre N° 16.

La pintura para las placas deberá obedecer las Especificaciones AASHTO M-70 y AASHTO M-72.

Señalización Horizontal

Los materiales incorporados al trabajo deberán cumplir con los estándares de ASTM de pinturas para el tráfico, en pruebas para composición, tiempo de secado, consistencia, exudación, características de fijación, visibilidad y durabilidad.

La pintura será de color blanco y amarillo sobre la que se aplicarán glóbulos de vidrio convenientemente graduados.

La pintura deberá ligarse adecuadamente con los glóbulos de vidrio, de tal manera que produzcan máxima adhesión, refracción y reflexión. Se colocarán los glóbulos en la faja de pintura fresca en la proporción de 6 libras de glóbulos por cada galón de pintura (0.72 Kg por cada litro)

Procedimiento para la ejecución

Señalización Vertical

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales de Reglamentación y

Prevención serán mantenidas siempre en un poste único, las señales de información, siempre sobre dos postes, excepto los mojones de kilometraje y de identificación de carretera. Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el proyecto. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón tipo D perfectamente consolidado a fin de evitar huecos.

Soportes de Hormigón: Los postes de hormigón armado para el sostén de las señales serán colocados a la profundidad de 1.00 metro. Tendrán sección cuadrada con 12 cm de lado, de acuerdo al proyecto. Serán construidos con hormigón tipo C y acero de $f > 2400 \text{ kg/cm}^2$.

Chapas para Señales: Las chapas para las señales serán metálicas, en planchas de acero SAE 1010/1020. Laminadas en frío, calibre 16.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatizadas y preservadas contra la oxidación. El acabado será efectuado con esmalte sintético a estufa, a 140° C . en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante tipo Scotchlite. Las chapas serán fijadas en los soportes de hormigón armado por medio de tres pernos de $\frac{1}{4}'' \times 5''$ en cada poste.

Señalización Horizontal

La pintura para la demarcación se aplicará estando la superficie del pavimento limpia y seca, mediante equipo mecánico.

La proporción de la aplicación será como mínimo de 6 galones (22.7 Kg) por Km en una faja continua de 10 cm de ancho. Los glóbulos se aplicarán en la proporción de 6 libras por galón (0.72 Kg por litro).

Medición y forma de pago

La señalización vertical será medida y cancelada por unidad de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

Las fajas de demarcación para la señalización horizontal serán medidas y canceladas por metro lineal de faja continua, terminada y aceptada. No se efectuará medición separada de los glóbulos de vidrio para propósitos de pago.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Realizado el análisis de todos los componentes de estudio del “**Diseño de Ingeniería mejoramiento del camino tramo Rosillas - San Francisco**”, se presentan las siguientes conclusiones:

- Se pudo establecer el trazo para el diseño geométrico del camino vecinal desde el punto de vista técnico y que cumpla con los parámetros de diseño mínimos; se pudo así, diseñar el trazo adecuado a las características de la zona del proyecto utilizando la normativa vigente en el país.
- Para la elaboración del proyecto se realizó una investigación geotécnica en el área de estudio, para poder obtener las características mecánicas de los distintos suelos y materiales que componen la sub rasante, se identificaron, analizaron y clasificaron cada una de estas muestras (Ver ANEXO 2).
- Se identificaron dos tipos de suelo en el desarrollo de la carretera (granular del tipo A-2-4 y A-4), el tratamiento superficial se diseñó con el CBR más desfavorable.
- Se diseñó el paquete estructural para un tratamiento superficial doble, una capa de rodadura de 2.5 cm, una base granular de 15 cm y una capa sub base de 20 cm.
- Se realizó el presupuesto general para todo el paquete estructural del tratamiento superficial doble.
- El presupuesto total de la obra fue de: Nueve Millones Trescientos Cuarenta y Cinco Mil Seiscientos Noventa con 62/100 bolivianos **(9.345.690,62 Bs)**

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para todo diseño de ingeniería los datos deben presentarse en forma clara y precisa en las planillas de cálculo realizadas; además, los planos deben reflejar en forma exacta los datos que se deducen en la fase de campo.

- En cuanto al diseño geométrico y estructural, se recomienda el correcto uso tabla, índices, ábacos y otros que nos presenta la normativa vigente en el país para el diseño de carreteras (Normas de la Administradora Boliviana de Carreteras).

Tomando en cuenta estas recomendaciones no pueden existir mayores complicaciones en la ejecución de este diseño de ingeniería.