

DISEÑO DE INGENIERIA PARA LA CONSTRUCCION DEL
ASFALTADO TRAMO CAÑAS - CAMACHO

1.1. GENERALIDADES

Denominamos camino a una franja de la superficie terrestre modificada por el hombre para dotarla de características y condiciones adecuadas para la circulación de vehículos automotores que facilitan la comunicación entre poblaciones, funcionalmente es un medio destinado a satisfacer anhelos y necesidades de la población en cuanto a traslado de bienes y personas, comercialización, relación entre la producción y el consumo, desarrollo, defensa, integración, fomento y turismo.

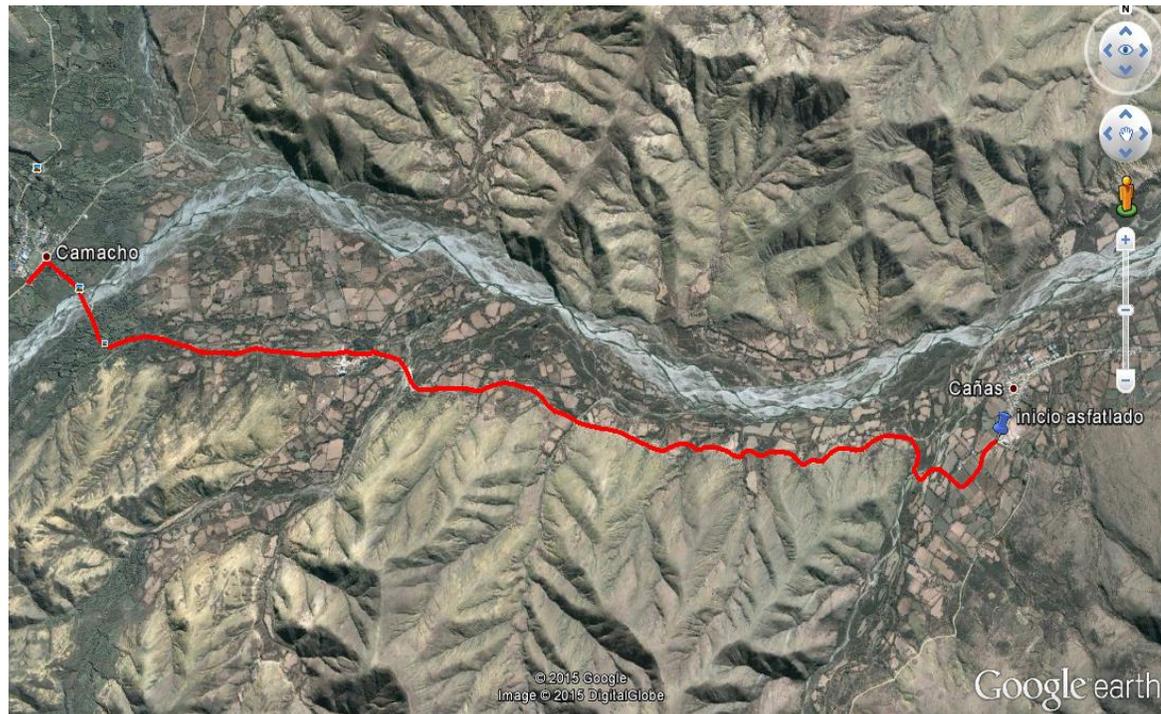
La construcción de vías óptimas tiene gran importancia en cualquier situación geográfica, ya que una carretera en óptimas condiciones de circulación y que preste un servicio constante todo el año sin ser afectada por las lluvias o heladas, permitiendo un buen aprovechamiento de todos los usuarios, de esta manera se garantiza el desarrollo socioeconómico de la población, además de ofrecer un mejor acceso a las necesidades básicas.

El mejoramiento del camino **Cañas - Camacho** servirá para integrar a las comunidades de la zona las cuales circulan por este camino y que en su mayoría se dedica a la producción agrícola y pecuaria. Considerando que, en la actualidad por falta de una adecuada comunicación vial, se presentan retrasos en el crecimiento económico de las familias de este sector, debido a que no pueden sacar a comercializar sus productos de forma segura y oportuna a los mercados.

1.2. UBICACION

El área del proyecto se encuentra ubicada en la primera sección de la provincia Arce del departamento de Tarija, el mismo que se ubica al extremo sur de Bolivia, el proyecto abarca las comunidades de Cañas, Canchasmayo y Camacho el camino tiene una longitud de 7,3 km el mismo que cuenta con tres puentes ya construidos sobre los ríos de Cañas, Canchasmayo y Camacho.

Imagen N° 1: Camino Cañas - Camacho



Fuente: Google earth

Imagen N° 2: Localización del proyecto ámbito departamental

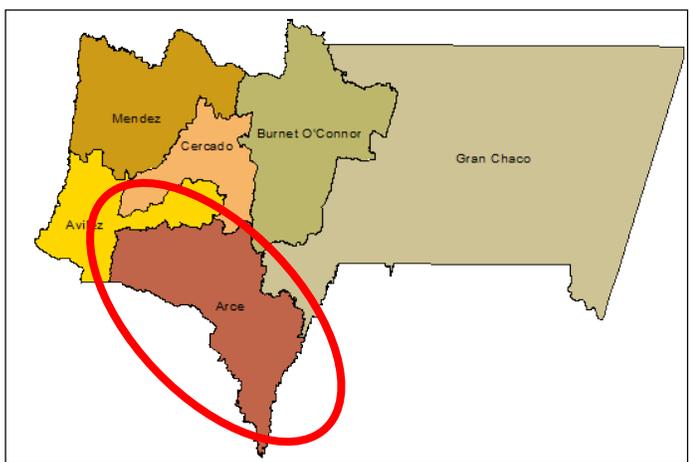
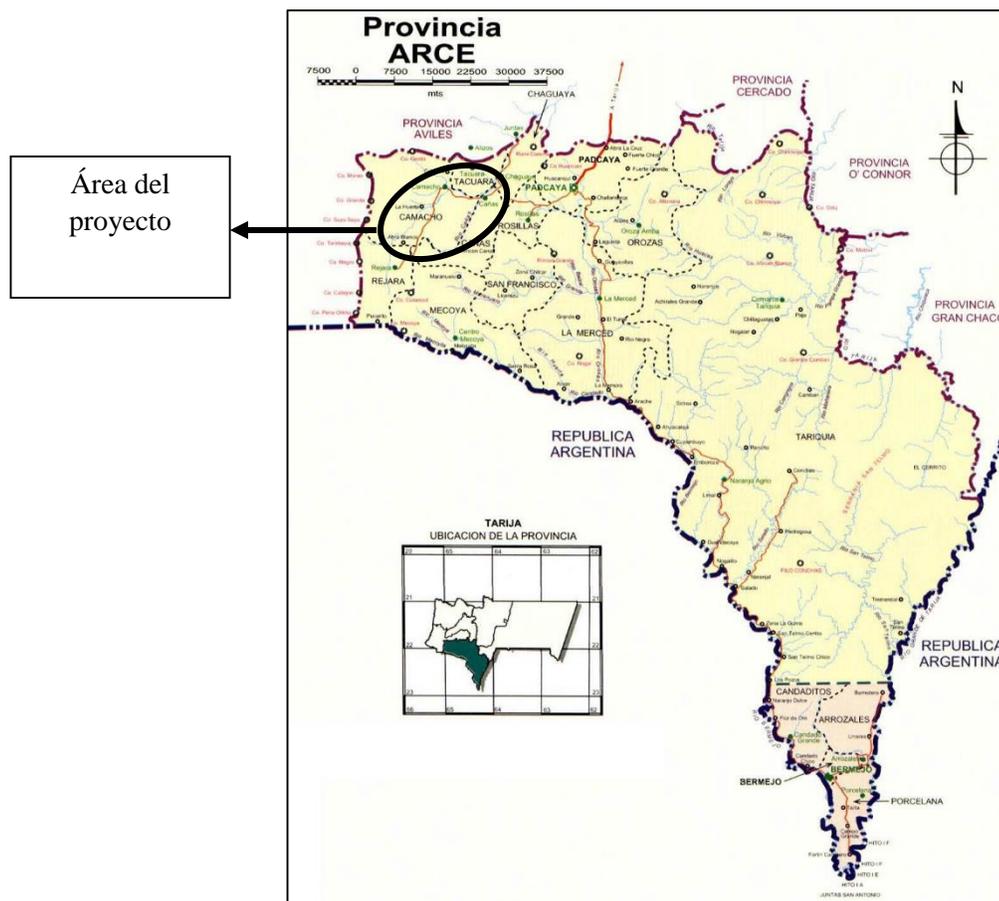


Imagen N° 3: Localización del proyecto ámbito provincial



1.3. JUSTIFICACION

Los caminos carreteros en las comunidades campesinas son de vital importancia, ya que viene a constituirse en el medio de comunicación más importante, siendo imprescindible para el desarrollo e integración de las mismas, la no existencia de caminos vecinales o caminos en deficiente funcionamiento evitaran que los productores puedan trasladar su producción a los diferentes mercados de abasto por esta razón se ve impedido el incremento de los ingresos económicos

Las comunidades de Cañas, Camacho y Canchasmayo son comunidades dedicadas principalmente a la producción agrícola y pecuaria, por tal razón podemos deducir

que su economía está basada en comercialización de estos productos en los diferentes mercados del departamento.

El desarrollo se ve retrasado en las comunidades de Cañas, Canchasmayo, Camacho y demás comunidades vecinas ya que no cuentan con un camino carretero que esté en buenas condiciones para la circulación vehicular.

En este sentido se ve la necesidad de realizar el proyecto *DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO TRAMO CAÑAS - CAMACHO* donde los habitantes de esta zona solucionarían los problemas de marginamiento, largo tiempo de viaje, la necesidad de integración con pueblos vecinos y con la ciudad capital ya que cuando un pueblo cuenta con un camino de servicio permanente en todas las épocas del año hace posible que sus habitantes puedan visitar pueblos vecinos y viceversa, permitiendo que exista comunicación entre pueblos dándose lugar al intercambio cultural y social entre los mismos, además se debe pensar que siendo los productos agrícolas y pecuario el principal sustento de las familias campesinas es de suma importancia que sus productos salgan al mercado en forma segura y así mejorar la economía del sector beneficiario.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La posibilidad de desarrollo socioeconómico se ve frustrada por los pobladores de la Comunidad de Cañas, Canchasmayo, Camacho y comunidades vecinas porque no cuentan con una infraestructura caminera de constante transitabilidad para su conexión con los principales mercados de comercialización, ya que la infraestructura existente es un camino de tierra su calzada es muy estrecha, los radios de curvas pequeños, pendientes pronunciadas, plataforma inestable cuando llueve y drenajes deficientes, todos estos aspectos hacen que sea un camino de complicada circulación debido a que sus parámetros de diseño no se ajusten a los mínimos exigidos por la Administradora boliviana de carreteras.

La población de esta zona afirma que durante la época de lluvia el camino se vuelve inestable, en ocasiones intransitable ya que el mantenimiento rara vez es realizado y

no cuando se lo requiere oportunamente, por lo que se ve impedida la entrada y salida de los habitantes del lugar, así como también los productos agrícolas y pecuarios que deben ser transportados a los lugares de expendio y comercialización lo que nos lleva a preguntar:

¿El proyecto mejoramiento del camino Cañas –Camacho se justificará en el ámbito social, económico y político para mejorar la calidad de vida de las familias de esta zona?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Realizar el diseño ingeniería de acuerdo a la normativa vigente de la Administradora Boliviana de Carreteras para el mejoramiento del camino Cañas – Camacho y así proporcionar buenas condiciones de accesibilidad y comunicación a las comunidades beneficiarias del proyecto.

1.5.2. Objetivos específicos

- Ejecutar un levantamiento topográfico de la zona del proyecto
- Realizar estudios geotécnicos de la zona por donde será construida la carretera
- Efectuar estudios de tráfico
- Realizar estudios hidrológicos de la zona
- Efectuar un estudio para los diseños de taludes
- Diseñar el trazado geométrico de acuerdo a la normativa de la ABC
- Calcular todo el paquete estructural
- Diseñar las obras necesarias para los drenajes
- Realizar un estudio de impacto ambiental que tendrá el proyecto
- Calcular el costo total de la obra
- Presentar los planos de los resultados de los diferentes diseños del Camino
- Determinar las especificaciones técnicas para cada una de las actividades contempladas en el presupuesto

1.6. ALCANCE

Al realizar el proyecto diseño de ingeniería para el mejoramiento del camino Cañas - Camacho, se llevarán a cabo actividades de inspección y reconocimiento del sitio del proyecto para luego efectuar estudios que nos permitan conocer las características de la zona.

La parte ingenieril del proyecto se inicia desarrollando una revisión en la normativa vigente para el diseño de vías, en esta parte del proyecto se establecerán los parámetros de diseño, se realizaran estudios topográficos, estudios de tráfico, estudios de suelos y estudios hidrológicos todos estos son necesarios para el diseño de: estructuras de drenaje, la caracterización de la sub rasante, los espesores del paquete estructural, el tipo de camino que se acomoda las condiciones dadas en la zona.

Una vez realizados los estudios mencionados anteriormente, se procede al diseño geométrico de la vía, que es un diseño planimétrico y altimétrico del camino también se diseñaran las secciones transversales y se obtendrá el cálculo de volúmenes de corte y de relleno.

En la etapa de diseño del drenaje se examinarán las características climatológicas del lugar, así como los caudales de las crecidas y otros factores de importancia para el diseño de obras que permitan un adecuado sistema de drenaje en la vía para su protección y correcto servicio.

Durante el diseño estructural de la vía, se utilizarán los resultados de los estudios de tráfico y geotécnico para así efectuar el diseño del espesor del pavimento flexible.

Luego se determinan los cálculos métricos de los ítems del proyecto y presupuestos del mismo, el análisis de precios unitarios de ítems que se ejecutarán en el proyecto, así como las especificaciones técnicas que se deberán cumplir con el objetivo del proyecto.

1.7. MEDIOS Y METODOS EMPLEADOS

1.7.1. Medios

- Cartas del Instituto Geográfico Militar
- Registros de precipitación del SENAMHI
- Prismas y Estación Total moderna con tecnología láser
- GPS sistema de posicionamiento global, pintura y estacas
- Palas y picotas para la excavación de pozos de exploración.
- Tamices, balanzas, moldes, hornos y demás utensilios de laboratorio de suelos
- Planillas de aforos y para encuestas de origen destino respectivamente.
- Programa computacional CIVIL AUTOCAD 3D
- Programa computacional DIPAV
- Programa computacional GOOGLE EARTH

1.7.2. Metodología

Para realizar el proyecto se seguirá la siguiente metodología.

El levantamiento topográfico será en una franja de terreno cuyo ancho mínimo será de 50 m. Para los trabajos de topografía se utilizarán equipos adecuados para obtener datos precisos y exactos. Las estaciones totales electrónicas serán la base de la planimetría y altimetría de la vía y las secciones transversales serán efectuadas con niveles.

Para el estudio geotécnico, de suelos y materiales de construcción se realizarán mediante tomas de muestras cada 500m sobre trazo existente. La totalidad de las muestras que se obtengan anteriormente serán procesadas en el laboratorio de mecánica de suelos, con el propósito de clasificar los suelos o materiales existentes en el trazo, proporcionando un nivel de referencia que, conjuntamente con los otros

trabajos de laboratorio, permitirán definir el comportamiento mecánico del terreno afectado directamente o indirectamente por la vía.

Estudio de tráfico se lo realizara por medios de aforos volumétricos manuales realizados durante siete días en un punto estratégico del tramo.

La hidrología será desarrollada para la obtención de parámetros que nos permitan estimar las intensidades máximas las cuales utilizaremos para obtener caudales máximos.

El diseño geométrico será adoptando las normativas vigentes de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC. Se manejará un software (AutoCAD Civil 3D).

El cálculo de espesores del pavimento se lo realizara adoptando la norma americana AASHTO 93. Donde se plantearán alternativas: Tratamiento superficial simple y Pavimento flexible.

La Señalización y seguridad vial será diseñada siguiendo los parámetros recomendados por la normativa de la ABC.

Los drenajes longitudinales transversales y alcantarillas serán diseñados adoptando la normativa de la ABC.

El presupuesto se lo hará determinando los precios unitarios de cada ítem que contempla el proyecto.

1.8. ANALISIS DE ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES

Se analizarán dos alternativas de pavimentos un tratamiento superficial doble y una carpeta asfáltica, este análisis será realizado basándose en el costo, operación, mantenimiento y vida útil, los cuales nos determinaran la alternativa más favorable o conveniente para ser realizada en el proyecto.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.1.1. Población beneficiaria

En el área del proyecto se tiene una población actual de 2,650 habitantes distribuidos en 530 familias, con un promedio de 5 miembros por familia.

Estas familias se convierten en los principales beneficiarios del proyecto, quienes tendrán mejores posibilidades de circulación vehicular, además de una distancia mucho más corta hacia los centros de abasto y consumo.

Tabla N° 2.1: Comunidades beneficiarias, población según sexo

COMUNIDAD	SEXO		TOTAL
	HOMBRES	MUJERES	
CAÑAS	502	498	1000
CANCHASMAYO	341	332	673
CAMACHO	465	512	977
TOTAL	1308	1342	2650
Peso Relativo	49%	51%	100%

Fuente: Encuesta comunal – Censo escolar 2010

Tabla N° 2.2: Población actual del área de influencia del proyecto

Población Total	2650
Hombres	1308
Mujeres	1342
Tamaño Promedio de las	5
N° aproximado de familias	530

Fuente: Encuesta comunal – Instituto Nacional de Estadística

2.1.2. Sistemas de producción

Dadas las características de los nueve distritos rurales que comprende la primera sección de la provincia Arce, se ha podido definir un modelo productivo tradicional basado en la agricultura y ganadería, el cual se constituye en el pilar fundamental de la economía de las familias que habitan en el área rural y, porque no decirlo en gran parte del área concentrada del municipio, ya que en ambos espacios geográficos predomina la fruticultura, lechería, florería, horticultura y la producción de semillas sobre todo de tubérculos.

2.2. ESTUDIOS PREVIOS

2.2.1. Estudio topográfico

La realización del presente estudio se basa en el levantamiento topográfico del tramo Cañas - Camacho para el cual se obtiene información sobre el terreno, identificando puntos clave donde serán emplazarán algunas obras de arte. Así esta información indispensable para el posterior diseño geométrico, hidráulico y estructural de la vía. El levantamiento topográfico la realizó un profesional del área, con experiencia en levantamientos de este tipo y con el equipo adecuado y preciso.

Reconocimiento del camino actual

El reconocimiento tiene por objeto el examinar visualmente la zona del proyecto, con el propósito de fijar puntos obligados que son puntos topográficos técnicos como ser paso de quebradas, puentes, puntos sociales, tomando como referencia el camino existente Cañas – Camacho.

Metodología

Las actividades necesarias para llevar a cabo el levantamiento topográfico, se dividen en dos áreas de trabajo, que son las siguientes:

- En campo: implica que las mediciones son efectuadas sobre el terreno, en las cuales se utilizan instrumentos de medición como la estación total.
- Gabinete: se refiere al procesamiento de los datos recopilados en el campo.

Trabajo en campo

Ubicada la Estación total, se procede a la medición, por medio de disparos a los prismas, de distintos puntos clave o de relevancia topográfica.

El operador del equipo se sitúa en lugares estratégicos en los que se tenga una visión apropiada para observar la mayor cantidad de puntos en la franja del levantamiento. Así los alarifes se posicionan con los prismas en la mayor cantidad de puntos representativos de la topografía a levantar.

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración actual del terreno para representar posteriormente en un plano las características del terreno. De esta forma se procedió a realizar el levantamiento topográfico a lo largo de la faja aproximadamente de 50 metros, tomando en cuenta los detalles que se encuentran al margen del mismo.

Trabajo de gabinete

Una vez terminado el trabajo de campo, se continúa con la reproducción del terreno levantado de manera digital en una computadora, a través de un software (AutoCAD Civil 3D) y se lograra así la reproducción de las curvas de nivel del terreno y la modelación virtual de la superficie del campo en el ordenador. Para esto se utilizó los datos de la estación total en forma de Coordenadas Cartesianas (X, Y, Z – Este, Norte, Altura); cada uno de estos datos son importantes para que el ordenador pueda modelar la superficie virtual. Con los datos de cada punto, así reproduce un mapa gráfico. Todos los puntos provenientes del trabajo desarrollado con la estación total fueron ordenados, previamente a la aplicación del software, y clasificados en Excel para la correcta modelación.

Equipo empleado

El equipo empleado para la realización de este estudio fue el siguiente:

- Estación Total
- Prismas

(Cintas Métricas, Herramientas de Campo, Libretas, Equipo Personal, Estacas, etc.)

2.2.2. Estudio geotécnico

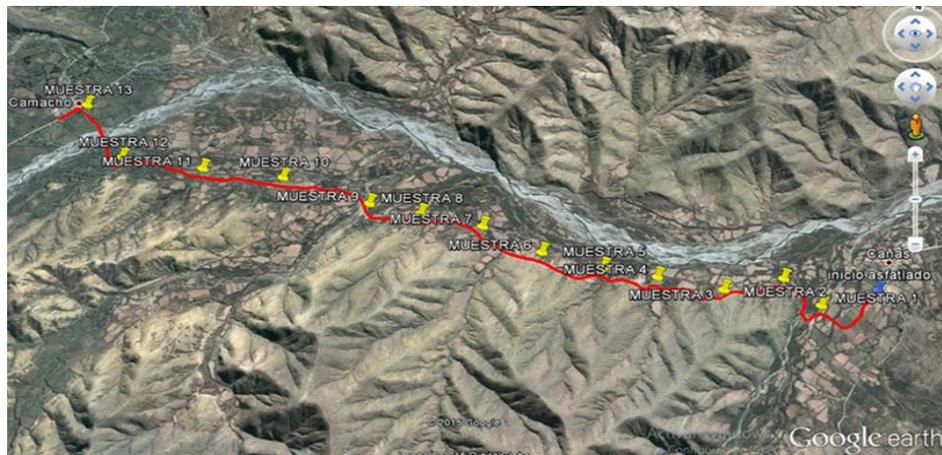
En este estudio realizará la caracterización del suelo que se presenta en el lugar del proyecto por medio de las correspondientes extracciones de muestras de suelo de la zona, las cuales serán sometidas a ensayos de laboratorio.

Metodología

Para llevar a cabo los ensayos que permitan conseguir las características del suelo, fue necesario realizar las extracciones de muestra del terreno natural existente a lo largo de la vía.

Las muestras se adquirieron a una profundidad aproximada de 60 cm, se logró una muestra cada 500 metros de, los pozos se ubicaron alternadamente a los costados del camino actual.

Imagen N° 4: Ubicación de los pozos de muestreo



Fuente: Google earth

Una vez que se recolectó las distintas muestras en las cantidades necesarias, se procedió a efectuar con cada una de ellas los siguientes ensayos de laboratorio: Ensayos de granulometría, Límites de Atterberg, ensayos de Densidad y Compactación y ensayos de Capacidad Soporte CBR.

El procedimiento que se siguió con cada uno de los ensayos anteriormente mencionados fue el siguiente:

2.2.2.1. 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.

Para aquellas muestras extraídas a lo largo de la vía, que estaban compuestas por material fino se tuvo que ejecutar el “Método del Lavado”; para esto se empleó aproximadamente 500 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 N°10, N°40 y N°200.

Para los materiales compuestos por material grueso se aplicó el “Método General” para su caracterización, el suelo es sometido previamente a un cuarteado con la finalidad de que la muestra sea representativa, obteniendo aproximadamente 8000 gramos o más de este suelo.

Luego de tener la muestra preparada y pesada, se procedió al tamizado de la parte gruesa del material con los siguientes tamices: 3”, 2”, 1”, ¾”, ⅜” y N°4.

2.2.2.2. Límites de atterberg

Se ensayaron las muestras que pasaron por el tamiz N°40, 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.

2.2.2.3. Ensayo de densidad y compactación

Para la preparación del material fue, necesario realizar una compensación del mismo entre los tamices de ¾” 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 ó terrones.

2.2.2.4. 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.

2.2.2.5. 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 rio Camacho.

Imagen N° 5: Identificación de bancos sobre el rio Camacho



2.2.2.6. 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 $\leq 6\%$

2.2.2.7. 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.

2.2.2.8. Agregados para pavimento

El porcentaje de abrasión Los Ángeles deberá ser $< 40\%$.

La pérdida por inmersión al sulfato de sodio (durabilidad) deberá ser $< 12\%$,

Laminaridad < 15%

Adherencia > 95%

Los materiales pueden obtenerse por un proceso de trituración o por simple clasificación, corrigiendo cuando sean necesarias sus deficiencias, tanto en granulometría como en plasticidad.

2.2.3. 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.

Metodología

Los aforos de vehículos se efectuaron sobre la ruta Cañas - Camacho, de manera más precisa pasando el cruce del camino que va hacia la comunidad de Mecoya, los aforos realizaron de manera manual por un tiempo de 7 días, de 6:00 de la mañana a 18:00 de la tarde. Los datos del aforo vehicular se midieron de manera continua durante las 12 horas diarias, Al cabo de la misma se analizó el comportamiento vehicular.

Equipo empleado

El equipo empleado durante la elaboración del presente estudio es el siguiente:

- Libretas de Registro o planillas.
- Otros (Computadora Personal, etc.).

2.2.3.1. Determinación del tráfico promedio diario anual “TPDA”

Es el tráfico normal que son los estudios de intensidad del tránsito, estos se realizaron mediante aforos para conocer el número de vehículos que se desplazan entre

“Padcaya - Cañas - Camacho”, que sirvieron de base para determinar las estimaciones del tráfico promedio diario a considerar para el diseño de la vía en el tramo de Cañas – Camacho.

2.2.3.2. 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 permitió 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 15 años.

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

$$TPDf = TPD_0 \left(1 + i * \frac{t}{100} \right)$$

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

El índice de crecimiento del parque automotor fue calculado de los registros del R.U.A.T. (Registro Único para la Administración Tributaria Municipal)

2.2.3.3. 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.

Se prevé que el tráfico vehicular generado para el tramo será de 10%, el cual será aplicado a todo el tráfico normal considerándose como un valor aceptable ya que se trata de un camino que va a aumentar el flujo de vehículos a la zona turística.

Tráfico generado = 10 % (Tráfico normal)

2.2.3.4. Tráfico inducido

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.

En caso de nuestro proyecto el tráfico inducido proviene de la ruta que conecta Tolomosa - Camacho, en la misma se desarrolla un movimiento tipo comercial y turístico.

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

Tráfico inducido = 5 % (Tráfico normal)

2.2.3.5. 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)

$$Tf = CNT + TI + TG$$

2.2.4. Estudio hidrológico

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 tanto dentro como cercanas al proyecto, las que tenemos dentro del área son la estación pluviométrica de Cañas y Canchasmayo, las que tenemos cercanas son Rejará, Padcaya y Alisos. Todas estas estaciones cuentan con datos suficientes para poder realizar estadísticas.

2.2.4.1. 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:

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

Dónde:

\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.

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

Dónde:

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:

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

Dónde:

E_d = Moda (mm)

h_t = Precipitación promedio anual en (mm)

S_d = 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.

$$k_t = \frac{S_d\{h_t\}}{0.557 * E_d}$$

Dónde:

K = Característica

S_d = Desviación típica en (mm)

E_d = Moda (mm)

- **Moda ponderada:**

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

Dónde:

E_d = Moda de cada estación (mm)

N = Número de datos de cada estación

- **Característica ponderada:**

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

Dónde:

K = Característica de cada estación

$N =$ Numero de datos de cada estación

2.2.4.2. 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.

$$HdT = Ed(1 + Kd * \text{Log}T)$$

Dónde:

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

$Ed =$ Moda (mm).

$Kd =$ Característica de la distribución.

$T =$ Periodo de retorno (años)

2.2.4.3. Cálculo de alturas de precipitación máxima horaria

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

$$htT = Edp * \left(\frac{tc}{\alpha} \right)^\beta * (1 + Kdp * \text{Log}T)$$

Dónde:

$Edp =$ 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).

$Kdp =$ Característica Ponderada.

$\beta =$ entre 0,2 o 0,3

2.2.4.4. 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.

2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

Una carretera es una obra espacial, que por facilidad de estudio y diseño se proyecta sobre los planos ortogonales, que significan el diseño en planta, perfil vertical y la sección transversal.

La planta, definida por el eje de la vía y el perfil vertical definido por la rasante de la vía deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones con el fin de garantizar la función para la cual se ha definido una vía, seguridad y confort para los usuarios, economía, estética y respeto al entorno.

La elección y definición del conjunto de elementos del eje en planta y la elevación, además de sus combinaciones reguladas y normalizadas según el “Manual de Diseño Geométrico” de la ABC constituye el trazado de la carretera.

2.3.1. Parámetros de diseño geométrico

Los parámetros de diseño geométrico a ser adoptados para el proyecto de una carretera, están relacionados principalmente con la morfología de la zona, con las velocidades de diseño y con otros factores, tales como el tránsito vehicular existente, histórico y generado, estimado durante el período de vida útil.

Otros aspectos a tomar en cuenta, se refieren a las condiciones de seguridad de los usuarios, funcionalidad de la carretera, impactos al medio ambiente, costos de construcción, costos de operación vehicular y operaciones de mantenimiento. En base a lo señalado y tratando de minimizar las afectaciones a inmuebles, zonas económicamente productivas, etc., los proyectos viales en la mayoría de los casos buscan aprovechar el camino existente a objeto de minimizar las intervenciones que se requieren efectuar.

Por lo tanto, para definir los parámetros geométricos de este proyecto, se ha efectuado un análisis exhaustivo del manual para diseño de carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) en actual vigencia y como complemento, se ha tomado en cuenta normas de otros países cuando fuera necesario.

2.3.2. Clasificación del tramo vial

La clasificación de la ABC para diseño está dividida en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias
- Camino: Colectores, Locales y de Desarrollo

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las velocidades de proyecto más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso.

2.3.3. Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto de un camino, es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, principalmente en el alineamiento horizontal y vertical, en condiciones de comodidad y seguridad.

2.3.4. Alineamiento horizontal

Las siguientes consideraciones fueron tomadas en cuenta:

Se utilizan radios de curvas dentro de márgenes conservadores que permitirán una conducción segura para el mayor porcentaje del tráfico pesado que será predominante en esta vía en la época de cosecha.

2.3.4.1. Radio de curvas horizontales

El criterio para definir los radios para curvas horizontales está en función del valor adoptado del Peralte (e), coeficiente de fricción lateral (f), de la velocidad directriz (V), condiciones climáticas de la región, tipo de tráfico y su composición.

La expresión que se emplea para hallar los radios mínimos es:

$$R_{min} = \frac{Vp^2}{127(e_{max} + f)}$$

Dónde:

Rmin = Radio mínimo (m).

Vp = Velocidad de proyecto (km/h).

emáx = Peralte máximo correspondiente a la carretera o el camino (m/m).

f = Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp.

2.3.4.2. Curvas circulares

Son elementos geométricos que nos permiten unir dos tangentes, las relaciones geométricas entre los elementos de la curva circular utilizadas son las siguientes:

Longitud de la tangente:

$$T = R * \frac{\tan \Delta}{2}$$

La externa:

$$E = R * \left(\frac{\sec \Delta}{2} - 1 \right)$$

Cálculo del valor de la ordenada media:

$$M = R * \left(1 - \frac{\cos \Delta}{2} \right)$$

Desarrollo:

$$Dc = \frac{\pi * \Delta * R}{180}$$

Longitud:

$$L = 2 * R * \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

2.3.4.3. Curvas horizontales de transición

Es necesario el uso de curvas de transición, para permitir el incremento o reducción gradual de la fuerza centrífuga, a medida que el vehículo entra o sale de una curva circular. El grado de una curva de transición colocada entre una tangente y una curva circular, varía desde cero en el extremo de la tangente hasta el grado de curvatura en el término de la curva.

La curva de transición adoptada como curvas de transición es la espiral de Euler o clotoide. La longitud de este elemento geométrico se adopta en función de diferentes criterios, donde su ecuación paramétrica es la siguiente:

$$R \times L = A^2$$

Dónde:

R = Radio de la curva en un punto determinado (metros).

L = Desarrollo de la curva desde el origen hasta el punto de radio R (metros).

A = Parámetro de la clotoide (metros).

Las condiciones que se plantea para su aplicación en este caso, se resumen a continuación:

Criterio a) Por condición de guiado óptico, es decir para tener una clara percepción del elemento de enlace y de la curva circular, se considera este criterio en base a la siguiente expresión:

$$R/3 \leq A \leq R$$

Dónde: R = Radio.

Criterio b) Como condición adicional de guiado óptico es conveniente que si el radio enlazado posee un $R \geq 1,2 R_{min}$, la condición este dada por:

$$A \geq (12 \cdot R^3)^{0,25}$$

Criterio c) Generalmente el peralte se desarrolla a lo largo de la transición, bajo este aspecto, la longitud mínima debe tomar en cuenta la pendiente relativa máxima a dar al borde exterior de la curva de transición con respecto al eje de la calzada. La expresión que permite calcular la longitud de transición bajo este criterio es la siguiente:

$$A \geq \left(\frac{n \times a \times e \times R}{\Delta} \right)^{1/2}$$

Dónde:

n = Número de carriles entre el eje de rotación y el borde más comprometido.

a = Ancho del carril (m).

e = Peralte de la curva (m/m).

R = Radio de la curva (m).

Δ = Pendiente máxima relativa del borde, respecto al eje de rotación (m/m).

Criterio d);- Criterio de la comodidad dinámica.

La longitud o parámetro mínimo de la clotoide, se obtiene, suponiendo que el peralte se distribuye uniformemente a lo largo del desarrollo de la curva de transición y, la tasa de variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte con el tiempo de recorrido, se mantiene constante. El cálculo se efectúa con la siguiente expresión:

$$A = \left(\frac{V_e \cdot R}{46,656 \cdot J} \left(\frac{V_e^2}{R} - 1,27 \cdot e \right) \right)^{1/2}$$

Dónde:

Le = Longitud de transición (m)

Ve = Velocidad específica (km/h)

J = Tasa de distribución de la aceleración transversal (m/s³)

e = Peralte de la curva (%)

R = Radio de la Curva (m)

Si el radio que se está enlazando posee un valor comprendido entre $R_{min} \leq R \leq 1,2 R_{min}$, resulta conveniente emplear los valores de J_{max} .

Si el radio que se está enlazando posee un valor $R > 1,2 R_{min}$, se emplearán los valores de J Normal.

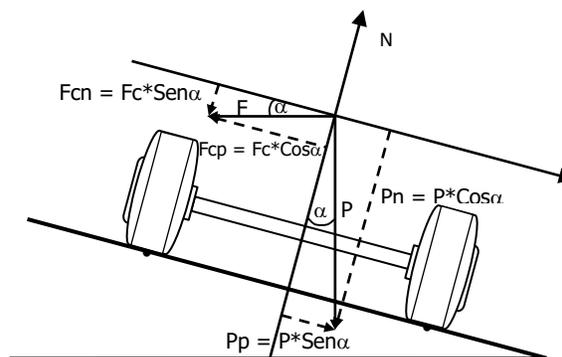
Para caminos con $V_p \leq 80$ km/h, si $R > 1500$ m y para carreteras con $V_p \geq 80$ km/h, si $R > 3000$ m, no se requiere el empleo de clotoides para los radios de diseño.

2.3.4.4. Peralte

El peralte es la sobreelevación del carril exterior sobre el carril interior, para verificar la perpendicularidad de la resultante de fuerzas que actúan sobre el vehículo.

Si un vehículo sigue la trayectoria de una tangente y pasa a la de una curva, al recorrer ésta aparece la fuerza centrífuga que origina dos peligros de estabilidad para el vehículo en movimiento, el peligro de deslizamiento transversal y el peligro de vuelco.

Figura N° 2.1: Fuerzas que actúan sobre un vehículo en trayectoria curva



Dónde:

F_c = Fuerza centrífuga.

F_{cn} = Componente de la fuerza centrífuga normal a la calzada.

F_{cp} = Componente de la fuerza centrífuga paralela a la calzada.

P = Peso del vehículo.

P_n = Componente del peso del vehículo normal a la calzada.

P_p = Componente del peso del vehículo paralela a la calzada.

N = Normal.

2.3.4.5. Distancias de visibilidad

Una carretera o camino debe ser diseñada de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o decida efectuar.

2.3.4.5.1. Distancia de frenado

En todo punto de una carretera o camino un conductor que se desplace a una velocidad, debe disponer al menos de la visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil.

La distancia de frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$Df = \frac{V \cdot t}{3,6} + \frac{V^2}{254(f_1 + i)}$$

Dónde:

Df = Distancia de frenado (m).

V = V_p o V^* .

T = Tiempo de percepción + reacción (s).

f_1 = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = Pendiente longitudinal (m/m).

+i Subidas respecto al sentido de circulación.

- i Bajadas respecto al sentido de circulación.

2.3.4.5.2. Distancia de adelantamiento

La distancia de adelantamiento “Da”, equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto.

Para distancias de adelantamiento en subidas de muy fuerte pendiente $> 6,0\%$, se usará Da correspondiente a $V_p + 10$ km/h.

2.3.6. Alineamiento vertical

El diseño ha seguido las recomendaciones contenidas en las especificaciones normadas por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), obteniéndose una rasante equilibrada que satisfaga las características geométricas.

El trazado en el alineamiento vertical está controlado principalmente por la:

- Categoría del Camino.
- Topografía del Área.
- Trazado en Horizontal y Velocidad correspondiente.
- Distancias de Visibilidad.
- Drenaje.
- Costos de Construcción.

Pendiente mínima

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de $0,5\%$ a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales.

Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 2% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales de hasta $0,2\%$. Si el bombeo es de $2,5\%$ excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.

Si en zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal se anula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0,5% y en lo posible mayor.

2.3.6.1. Curvas verticales

Para el diseño geométrico de la rasante, se ha previsto emplear curvas verticales parabólicas de segundo grado, que posibilitan disponer de un paso gradual y seguro entre dos gradientes adyacentes del perfil longitudinal, proporcionando como mínimo, una distancia de visibilidad igual a la distancia mínima de frenado o de parada.

En este sentido, dentro del rango de aproximaciones aceptadas, el desarrollo de la curva de enlace se identifica con:

$$L_v = 2 \cdot T = K \cdot \theta = K \cdot |i_1 - i_2|$$

Dónde:

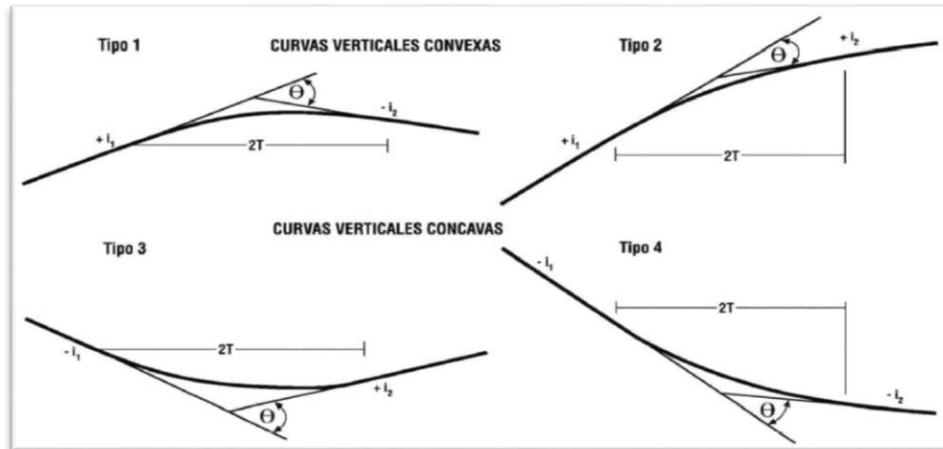
L_v = Longitud de curva vertical.

$2T$ = Proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

K = Parámetro de la curva vertical, adoptando la nomenclatura correspondiente a la parábola de segundo grado del radio R .

$(i_1 - i_2)$ = Diferencia algebraica de las pendientes.

Figura N° 2.2: Tipos de curva vertical



Parámetros por visibilidad de frenado

Curvas verticales convexas

Se considera la distancia de frenado sobre un obstáculo fijo situado sobre el carril de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de este carril. El parámetro queda dado por:

$$K_v = Df^2 / 4,48$$

Curvas verticales cóncavas

Se considera la distancia de frenado nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. El parámetro queda dado por:

$$K_c = Df^2 / (1,2 + 0,035Df)$$

Parámetros por visibilidad de adelantamiento

En caminos bidireccionales tienen relevancia las curvas verticales convexas, ya que en las cóncavas las luces del vehículo en sentido contrario son suficientes para indicar su posición y no existe obstáculo a la visual durante el día a causa de la curva.

El parámetro mínimo para curvas convexas por condiciones de adelantamiento está dado por:

$$Ka = \frac{Da^2}{9,2}$$

Longitud mínima de curvas verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 \cdot T(m) \geq |V_p(km/h)|$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto del camino, expresada en km/h.

2.3.7. Sección transversal

La sección transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de estas según un plano normal a la superficie vertical que contiene al eje de la carretera.

2.3.7.1. Sobreanchos de curvas horizontales

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales y entre los vehículos y los bordes de las calzadas.

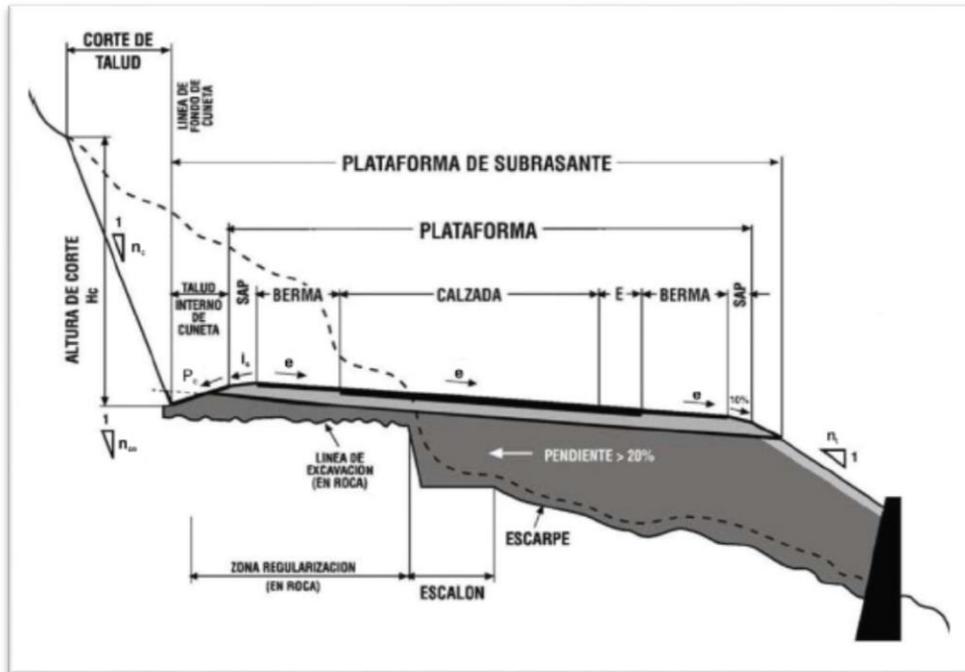
El ensanche total “E(m)” se limitará a un máximo de 3,0 m y un mínimo de 0,35 m en calzadas de 6,0 m.

2.3.7.2. Bombeos

Con el propósito de evacuar las aguas superficiales, las calzadas deberán tener una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de la lluvia de 1 Hora de duración con Período de Retorno de 10 años (I_{10}) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado y determinado según un estudio hidrológico

En la Figura N° 2.3: se presenta un perfil transversal mixto para un camino bidireccional de dos carriles, en curva. En la figura aparecen elementos fundamentales que normalmente se dan en un camino; plataforma, cunetas, taludes, etc.

Figura N° 2.3: Sección transversal en curva



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.4. ESTABILIDAD DE TALUDES

2.4.1. Talud en corte

Se refiere a la excavación en el terreno existente, destinada a abrir una vía de paso a la carretera. Esta excavación puede realizarse por medios mecánicos o con explosivos, según el tipo de terreno.

La inclinación de los taludes de corte varía según sea la calidad de estratos de los suelos encontrados, así como también de la humedad del suelo.

Es importante tener presente que la definición de la inclinación de taludes a adoptarse en proyectos de tipo vial, deben estar basados en criterios de aplicación general, que puedan ser empleados en varios puntos del proyecto y en función de sus principales características, dejando los análisis puntuales, para los lugares específicos en los que se detecten aspectos o problemas potenciales que justifiquen un estudio particular y por otro lado no se puede pretender contar con una seguridad absoluta acerca de la estabilidad de todos los cortes de proyecto, puesto que para ello, se debería considerar factores de seguridad demasiado elevados que encarecerían la obra por encima de niveles razonables.

En los taludes con alturas menores a los tres metros. Se ha establecido una inclinación de (1H:3V), debido a que no representan volúmenes de magnitud que alteren significativamente el costo del proyecto.

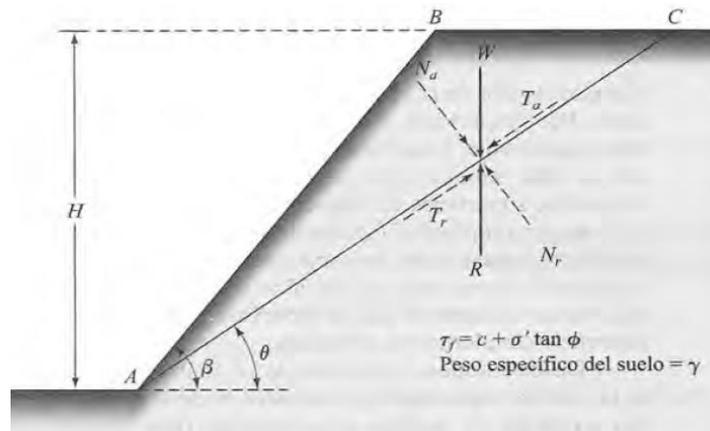
En los cortes del terreno que sean mayores a los tres metros de altura serán analizados por el siguiente método para obtener las alturas críticas de corte que necesita el estrato para mantener la estabilidad del talud y así evitar posibles derrumbes.

Análisis de un talud finito con superficie de falla plana (método de Culmann)

Este análisis se basa en la hipótesis de que la falla de un talud ocurre a lo largo de un plano, cuando el esfuerzo cortante promedio que tiende a causar el deslizamiento es mayor que la resistencia cortante del suelo. Además, el plano más crítico es aquel que tiene una razón mínima entre el esfuerzo cortante promedio que tiende a causar la falla y la resistencia cortante del suelo.

La **figura 2.4** muestra un talud de altura H . El talud se eleva según un ángulo B con la horizontal.

Figura N° 2.4: Estabilidad de talud método Culmann



Fuente: Libro Fundamentos de ingeniería Geotécnica

$$H_{cr} = \frac{4c}{\gamma} \left[\frac{\text{sen } \beta \cos \phi}{1 - \cos(\beta - \phi)} \right]$$

Dónde:

H_{cr} = Altura crítica (m)

c = Adherencia del suelo (KN/m²)

γ = Peso específico (KN/m³)

β = Ángulo de inclinación

ϕ = Ángulo de fricción interna

2.4.2. Talud en terraplén

Es el aporte o relleno de tierras en zonas de cota inferior a la sub rasante en el proyecto, puede aprovecharse las tierras que son extraída de la zona de corte.

El diseño de taludes de terraplén, desde el punto de vista estructural, se encuentra en función del tipo de material que lo constituye y de los suelos sobre los que se fundan.

Los taludes de terraplén con altura inferior a 15 metros tendrán una inclinación máxima de 1: 1.5 (H: V) como se especifica en el manual de la ABC.

2.5. DRENAJES

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, conducir las hacia las alcantarillas transversales y descargarlas en los cursos de agua o cauces existentes en la zona.

2.5.1. Tiempo de retorno

Se usan los siguientes tiempos de retorno para las estructuras hidráulicas de la ruta: Para cunetas se utilizará 5 años y para alcantarillas de alivio y cruce 10 años.

Tabla N° 2.3: 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

2.5.2. 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 la determinación del tiempo de concentración de la cuenca se utilizaron las siguientes formulas las cuales fueron promediadas para obtener un tiempo de concentración representativo.

VENTURA

$$t_c = 0.05 \sqrt{\frac{A}{S}}$$

GIANDOTII

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * S * L}$$

CALIFORNIA
$$tc = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.35}}\right)^{0.76}$$

KIRPICH
$$tc = \left[0.871 * \frac{L^3}{H}\right]^{0.385}$$

Unidades de los parámetros a utilizar.

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud del río principal (Km)

ΔH = Diferencia de cotas (m)

i= Pendiente media del río principal (m/m)

2.5.3. 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.

La norma A.B.C. nos proporciona ciertos valores de acuerdo al tipo del terreno.

Tabla N° 2.4: Coeficientes de escurrimiento “C”

Tipo de Terreno	Coeficiente de Escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras.

2.5.4. Coeficiente de rugosidad “n”

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

Tabla N° 2.5: 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

2.5.5. 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:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Dónde:

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).

2.5.6. 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.

2.5.6.1. 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.

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

Dónde:

V = Velocidad (m/s)

R_H = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente de la Cuenca (m/m)

n = Coeficiente de Manning

2.5.6.2. 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.

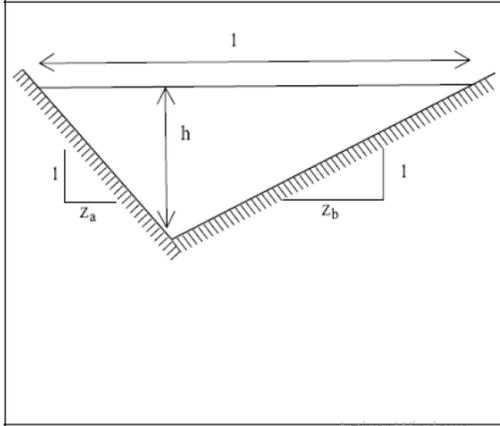
2.5.7. Diseño de cunetas

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. Por esta razón, fue seleccionada una cuneta de sección triangular de dos pendientes.



Ecuaciones

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

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

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

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

2.6. DISEÑO ESTRUCTURAL

2.6.1. 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.

2.6.2. Factor distribución direccional

A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección.

2.6.3. Factor de crecimiento

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la AASHTO:

2.6.4. Factor de distribución por carril

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%.

Tabla N° 2.6: Factor de distribución por carril

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (<i>FC</i>)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

2.6.5. 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 LEFs (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 LEF 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.

$$LEF = \frac{\text{Nº de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI}{\text{Nº de ejes de X kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

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”).

2.6.6. Factor de camión

Para expresar el daño que produce el tráfico, en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo. De este criterio nace el concepto de Factor de Camión, que se define como el número de ESAL's por número de vehículo en general. Este factor puede ser calculado para cada tipo de camión, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico.

$$\text{Factor de Camión} = TF = \frac{\text{Nº ESALs}}{\text{Nº de camiones}}$$

2.6.7. Número total de ejes simples equivalentes (ESAL's)

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

$$ESALs = TPDA * GF * DD * LD * TF * 365$$

Dónde:

TPD = Tránsito promedio diario anual

GF = Factor de crecimiento (se lo obtiene de tabla entrando con la tasa de crecimiento)

DD = Factor de distribución direccional

LD = Factor de distribución por carril

TF = Factor de camión

2.6.8. Diseño pavimento flexible

El diseño del pavimento flexible, 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

2.6.8.1. 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.

2.6.8.2. 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 p_t 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.

2.6.8.3. 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:

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Dónde:

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

2.6.8.4. 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 N° 2.7: Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.

TIPO DE CAMINO	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.

2.6.8.5. Coeficiente de drenaje “C_d”

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 N° 2.8: 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 N° 2.9: Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales

CAPACIDAD DE DRENAJE	% DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS 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.

2.6.8.6. 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:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \text{Log} M_R - 8.07$$

Dónde:

W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's

Z_R = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad "R"

S_o = Desviación estándar

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

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la sub rasante

SN = Número estructural

2.6.8.7. Determinación de espesores por capas

La estructura del pavimento flexible 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:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Dónde:

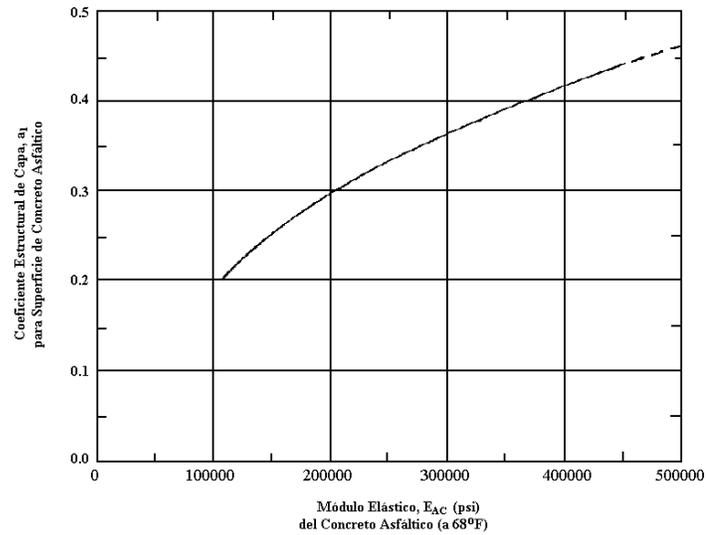
a_1, a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta, base y sub-base respectivamente.

D_1, D_2 y D_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.

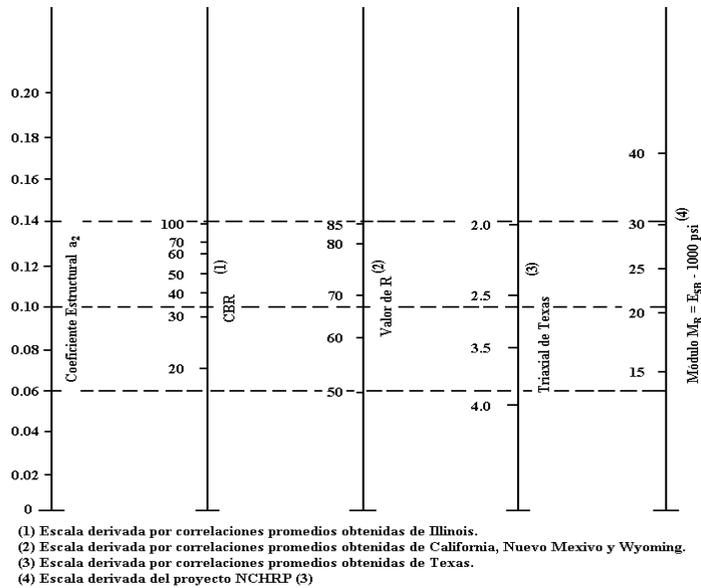
Los coeficientes de capa a_1, a_2 y a_3 se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Resiliente, Texas Triaxial, Valor R y CBR, tal como se muestra en las siguientes figuras:

Figura N° 2.5: Ábaco para estimar el N° estructural de la carpeta asfáltica “a1”.



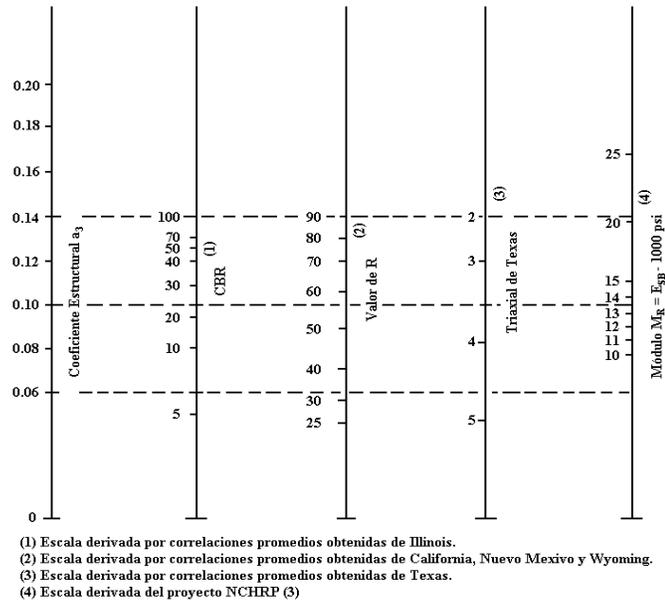
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Figura N° 2.6: Ábaco para estimar el N° estructural de la capa base “a2”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Figura N° 2.7: Ábaco para estimar el N° estructural de la sub-base “a3”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Figura 2.12:

2.7. SEÑALIZACIÓN

2.7.1. 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.

2.7.2. 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.

2.7.3. 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.

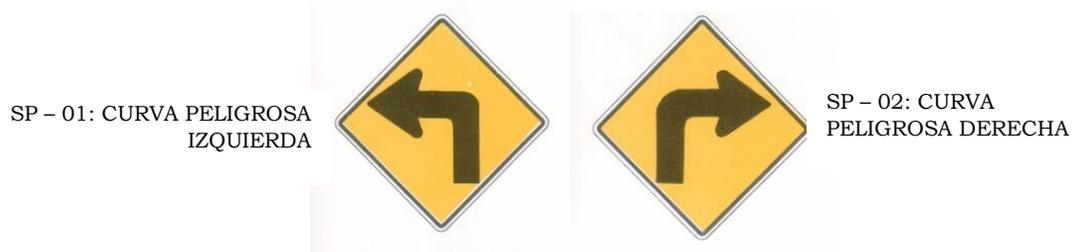
Desde el punto de vista funcional, las señales se clasifican en:

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

2.7.4. 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 N° 2.8: Señales preventivas**2.7.5. 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 N° 2.9: Señales reglamentarias**2.7.6. 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 N° 2.10: Señales informativas



Para los emplazamientos y dimensiones de la señalización vertical ver los detalles en el **anexo N° 13**.

2.7.7. 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.

2.7.8. 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 N° 2.10: Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad máxima (Km/h)	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

2.7.9. 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 N° 2.11: Diseño línea amarilla discontinua

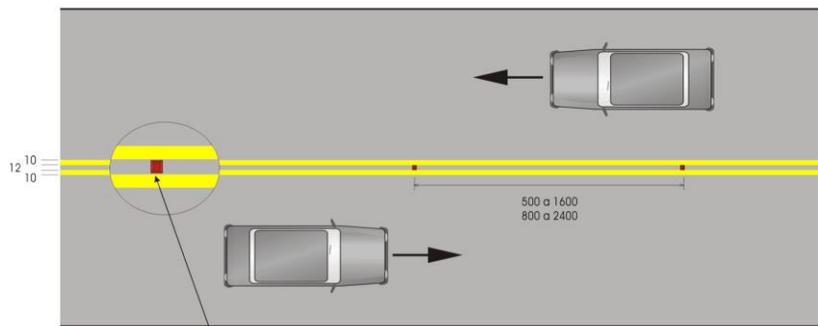


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

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 N° 2.12: Diseño doble línea amarilla continua

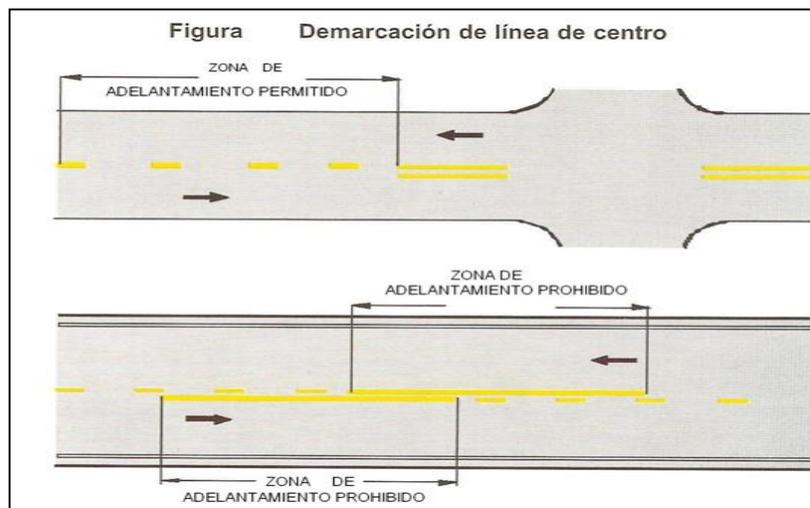


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

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 N° 2.13: 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.

2.8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

2.8.1. 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.

2.8.2. 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**

2.8.2.1. 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.

2.8.2.2. 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.

2.8.2.3. 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.

2.8.2.4. 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.

2.8.2.5. 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.

2.8.2.6. 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.

2.8.2.7. 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.

2.8.2.8. 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.

2.8.2.9. 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) y ese es el referente que se utiliza en el presente Proyecto

2.8.2.10. 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.

2.9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

2.9.1. Identificación y evaluación de impactos ambientales

Tomando en cuenta las características del proyecto, así como del entorno natural sobre el cual éste se implantará, se realiza la identificación, valoración y evaluación de los potenciales impactos ambientales, que se generarían por la construcción y operación del Diseño final de ingeniería Cañas Camacho.

En esta parte se identificará los potenciales impactos ambientales (p. e. pérdida de hábitats) que generaría cada etapa del proyecto, indicando las acciones que producirían dichos impactos en función de cada componente ambiental.

En la última parte se incluye la evaluación (calificación) de los impactos ambientales previamente identificados y descritos, basada en la caracterización de cada impacto.

La categorización de los proyectos está de acuerdo a las siguientes definiciones:

Categoría 1: Requieren de Evaluación de Impacto Ambiental Analítica Integral, nivel que, por el grado de incidencia de efectos en el ecosistema, deberá incluir en sus estudios el análisis detallado y la evaluación conjunta de todos los factores del sistema ambiental: físico, biológico, socioeconómico.

Categoría 2: Requieren de Evaluación de Impacto Ambiental Analítica Específica, nivel que, por el grado de incidencia de efectos en algunos de los factores ambientales del ecosistema, considera en sus estudios el análisis detallado y la evaluación de uno o más de los factores señalados en la categoría I.

Categoría 3: Requieren la preparación del Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA) nivel que, por las características conocidas de los proyectos, obras o actividades, necesite sólo la adopción de medidas precisas para evitar, mitigar o compensar efectos adversos.

Categoría 4: No requieren de EEIA, los proyectos, obras o actividades que no están considerados dentro de las tres categorías anteriores.

2.9.2. Metodología de evaluación de impacto ambiental aplicada

Se empleó la metodología de magnitud e importancia para la relación de cada factor ambiental con cada actividad del proyecto, para lo cual se utilizaron los siguientes criterios de caracterización y valoración:

- Carácter (positivo, negativo y neutro, considerando a estos últimos como aquellos que se encuentran por debajo de los umbrales de aceptabilidad contenidos en las regulaciones ambientales)
- Importancia, desde el punto de vista de los recursos naturales y la calidad ambiental (clasificado como alto, medio y bajo)
- Extensión Superficial o territorio involucrado, localizado, o expansivo
- Duración a lo largo del tiempo (clasificado como “permanente” o duradera en toda la vida del proyecto, “media” o durante la operación del proyecto y “corta” o durante la etapa de construcción del proyecto o inferior a un año)
- Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales

3.1. ESTUDIOS PREVIOS

3.1.1. Estudio topográfico

3.1.1.1. Implantación de BM'S

Para la nivelación geométrica se implantaron bancos de nivel (BM's), para facilitar el trabajo, se implantó una red de BM's, es decir, un par de BM's cada 500 m aproximadamente enlazados al punto CM 180 de la red del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), identificados con la nomenclatura de BM-01 y BM-AUX-01 para el auxiliar.

Tabla N° 3.1: Bench mark's

BM's	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
BM-01	7576682,08	308142,65	2060,276
BM-AUX-01	7576672,95	308151,54	2060,140
BM-02	7576864,76	307843,86	2063,437
BM-AUX-02	7576844,36	307839,84	2064,077
BM-03	7576706,20	307390,27	2078,437
BM-AUX-03	7576691,89	307477,59	2086,521
BM-04	7576801,66	306814,03	2086,009
BM-AUX-04	7576787,74	306837,38	2091,970
BM-05	7576871,65	306181,19	2096,635
BM-AUX-05	7576859,45	306147,13	2103,536
BM-06	7577162,30	305490,92	2106,010
BM-AUX-06	7577179,82	305515,61	2105,043
BM-07	7577153,38	304883,84	2123,402
BM-AUX-07	7577114,86	304883,25	2123,210
BM-08	7577345,87	304137,45	2134,619
BM-AUX-08	7577338,22	304115,46	2135,246
BM-09	7577321,13	303564,91	2151,707
BM-AUX-09	7577312,01	303600,18	2150,595
BM-10	7577369,50	303098,15	2166,357
BM-AUX-10	7577388,24	303079,87	2165,920

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Geotecnia

Se hicieron excavaciones a un costado de la ruta a una profundidad de 0,60 m y cada 500 metros, para realizar la extracción de muestras de suelo.

Imagen N° 6: Ubicación de los pozos de muestreo.



Fuente: Google earth

Tabla N° 3.2: Resultados de los ensayos realizados a los suelos del tramo

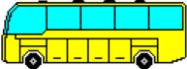
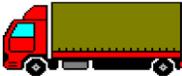
PROG.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	COMPACTACIÓN T-180		CBR		
	AASHTO	D. Max	Humedad optima	100 %	95 %	90 %
0+100	A - 6(9)	1961	8,3	2,8	2,3	1,7
0+600	A - 1a	2238	5,3	5,2	28,6	7,0
1+100	A - 2 - 4	2260	5,3	32,4	24,4	16,3
1+600	A - 1a	2237	4,7	53,7	34,3	14,9
2+100	A - 4(4)	1960	8,5	23,4	13,7	4,1
2+600	A - 1a	2236	5,4	45,9	31,9	17,9
3+100	A - 6(9)	1971	8,4	23,4	15,8	8,2
3+600	A - 2 - 4	2187	4,0	35,2	25,3	15,5
4+100	A - 1a	2253	5,0	33,7	19,7	5,7
4+600	A - 1a	2247	5,0	36,0	21,9	7,8
5+100	A - 1a	2254	4,8	17,1	12,6	8,1
5+600	A - 1a	2258	4,9	53,4	35,9	18,4
6+100	A - 1a	2253	5,0	46,6	38,8	31,1
6+600	A - 1a	2247	5,0	41,8	25,2	8,7

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Estudio de tráfico

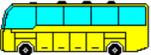
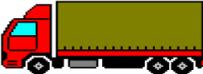
La clasificación vehicular se realizó tomando en cuenta las recomendaciones por la Administradora boliviana de carreteras.

Tabla N° 3.3: Clasificación vehicular

VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMION PEQUEÑO	CAMION GRANDE
			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.4: Resumen total del aforo vehicular

TRÁFICO	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMION PEQUEÑO	CAMION GRANDE	TOTAL
DIA					
Lunes	67	10	22	12	111
Martes	51	9	19	14	93
Miercoles	59	9	25	15	108
Jueves	48	10	15	11	84
Viernes	57	10	20	12	99
Sabado	59	12	25	14	110
Domingo	43	6	17	6	72
TOTAL	384	66	143	84	677

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.1. Tráfico normal

Tabla N° 3.5: Tráfico promedio diario semanal

TRÁFICO	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMION PEQUEÑO	CAMION GRANDE	TOTAL
SEMANA					
TOTAL	384	66	143	84	677
TPD	55	9	20	12	97
%	57	10	21	12	100

Por lo tanto, el tráfico promedio diario para la gestión 2016 es:

TPD = 97 vehículos/día.

3.1.3.2. Proyección del tráfico

Para la proyección del tráfico se usó 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 TPD que ya fue calculó 97 (Veh/día)

El índice de crecimiento “i” fue obtenido de la información proporcionada por el INE

Tabla N° 3.6: Evolución del parque automotor - Padcaya

VEHÍCULO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total	128	153	169	178	184	195	201	212	214	224	239
Automóvil	20	22	23	26	27	29	30	31	32	31	31
Camión	32	35	41	42	42	43	41	42	40	39	39
Camioneta	29	35	41	46	47	48	49	49	42	41	40
Furgón	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeep	2	3	3	3	4	4	4	6	8	5	5
Microbús	7	8	9	9	9	9	9	8	5	4	4
Minibús	12	15	17	17	17	17	17	16	14	14	15
Moto	1	1	1	1	2	6	8	8	9	9	9
Ómnibus	4	6	6	6	6	6	6	6	7	7	9
Vagoneta	20	27	27	27	29	32	36	45	56	73	86

Fuente: R.U.A.T. (Registro Único para la Administración Tributaria Municipal)

Índice de crecimiento del parque automotor del municipio de Padcaya.

$$i = (f/s)^{1/n} - 1$$

Dónde:

i = Índice de crecimiento

f = Cantidad final

s = Cantidad inicial

n = número de años

$$i = 5.85\% \text{ anual}$$

Crecimiento del tránsito diario en los próximos 20 años

Tabla N° 3.7: Métodos de crecimiento

CRECIMIENTO	AÑO	TPD
METODO	2018	114
	2023	142
ARITMETICO	2028	171
	2033	199
	2038	228

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3. Tráfico futuro

Este volumen de tráfico es la suma del TN + TG + TI

Tráfico Generado = 10 % (Tráfico Normal)

Tráfico Inducido = 5 % (Tráfico Normal)

Tabla N° 3.8: Tráfico promedio diario futuro proyectado 20 años

AÑO	T.P.D NORMAL	TRAFICO GENERADO	TRAFICO INDUCIDO	TOTAL
2018	114	11	6	131
2023	142	14	7	163
2028	171	17	9	197
2033	199	20	10	229
2038	228	23	11	262

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.9: Tráfico total proyectado para el año 2018

TRÁFICO	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	CAMION PEQUEÑO	CAMION GRANDE	TOTAL
SEMANA					
TOTAL	504	92	202	229	917
TPD	72	13	29	17	131
%	55	10	22	13	100

Fuente: Elaboración propia

Se tomó el tráfico proyectado del año 2018 para el diseño porque es el año en que se estima que la carretera estará ya construida para entrar en funcionamiento.

3.1.4. Hidrología

Para la hidrología se optó por trabajar con las estaciones de Cañas, Canchasmayo y Rejara, estando las dos primeras dentro del área del proyecto y la tercera es la más cercana de la zona en estudio. Los datos recolectados y procesados se muestran a continuación:

Tabla N° 3.10: Parámetros estadísticos de las series de lluvias anuales

ESTACIONES	PROM.	DESVIACIÓN	MODA (Ed)	CARACT. (Kd)	N° DE DATOS	Ed*N	Kd*N
CAÑAS	54,90	20,74	45,57	0,82	29	1322	24
REJARA	36,50	6,65	33,51	0,36	22	737	8
CANCHASMAYO	68,00	18,08	60,14	0,54	16	962	9

Valores ponderados

Moda ponderada:
$$Ed = \frac{\sum E_i * n_i}{\sum n_i}$$
 Ed = 45,088

Característica ponderada: $K_d = \frac{\sum K_i \cdot n_i}{\sum n_i}$ $K_d = 0,599$

3.1.4.1. Altura de lluvia máxima diaria

La ecuación de Gumbell Modificado para lluvias máximas diarias es:

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

Dónde:

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

ED = Moda (mm)

KD = Característica.

T = Periodo de retorno (años)

La altura de lluvia máxima diaria para diferentes periodos de retorno se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 3.11: Alturas de lluvia máximas

T (años)	hdT (mm)
5	63,980
10	72,117
25	82,873
50	91,009

3.1.4.2. Altura de lluvias máximas inferiores a 24 hrs. y mayores a 2 hrs en (mm)

$$h_{tT} = E_D \cdot \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Adoptando:

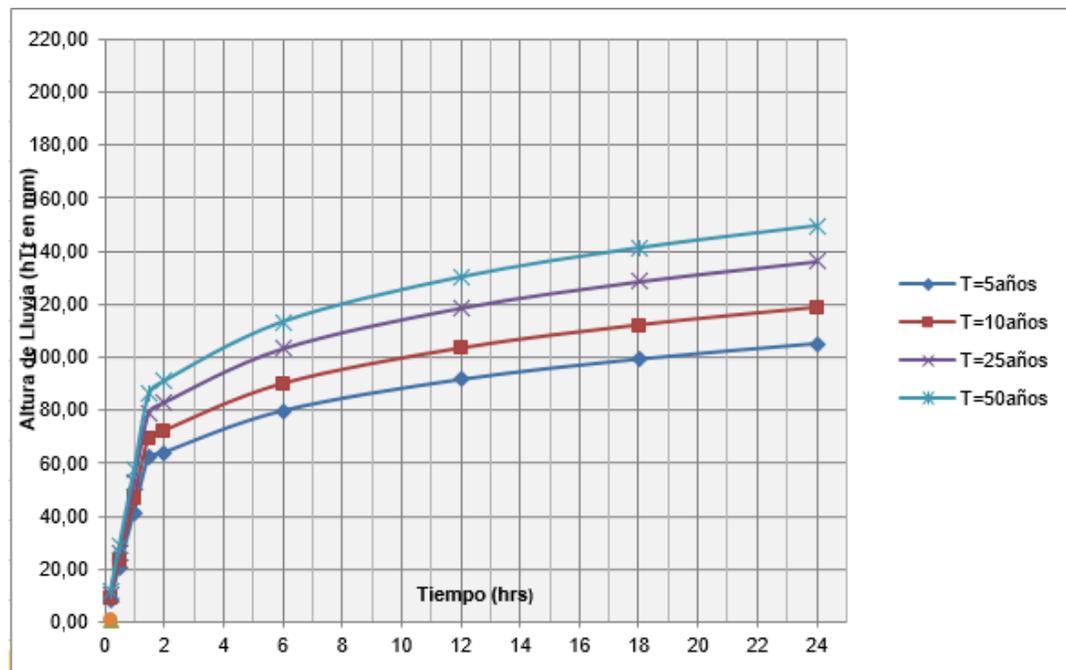
$$\alpha = 2$$

$$\beta = 0,2$$

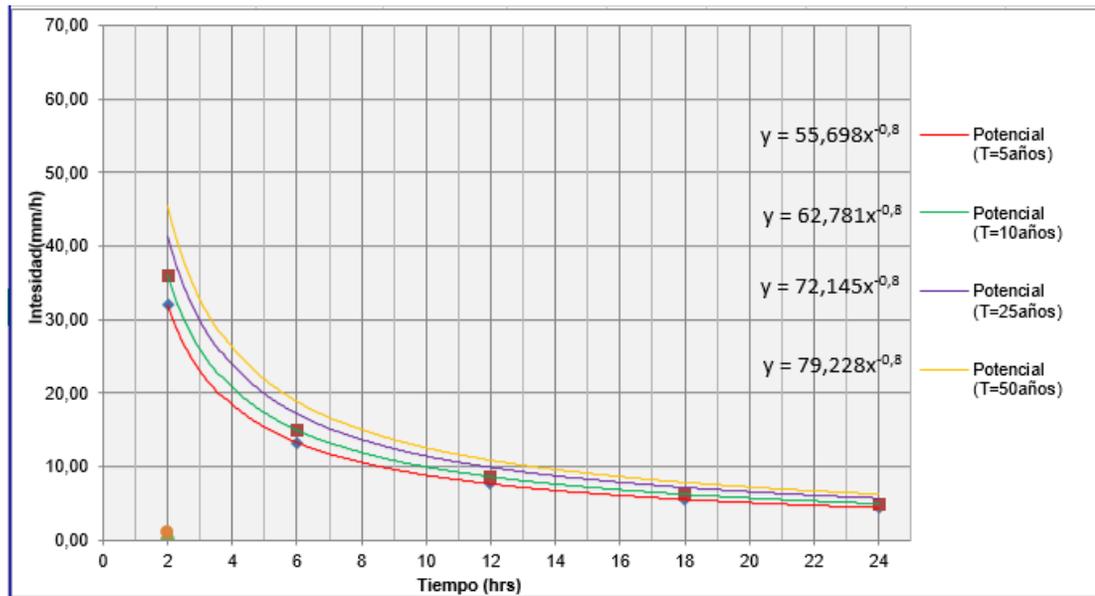
Tabla N° 3.12: Altura de lluvias en (mm) menores a 24 hrs

Periodo de retorno (años)	Periodos de duración de lluvias en horas (t)								
	0,2	0,5	1	1,5	2	6	12	18	24
5	8,28	20,70	41,41	62,12	63,98	79,70	91,55	99,29	105,17
10	9,26	23,15	46,30	69,45	72,12	89,84	103,20	111,91	118,54
25	10,55	26,38	52,76	79,14	82,87	103,24	118,59	128,61	136,22
50	11,52	28,82	57,64	86,46	91,01	113,37	130,23	141,23	149,60

Curvas precipitación - intensidad - frecuencia



Curva intensidad, duración y frecuencia (IDF)



Ecuaciones de la intensidad obtenidas de la gráfica

Tabla N° 3.13: Ecuaciones de intensidad

PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)	ECUACION I = mm/hora
5	$I = 55,698tc^{-0,8}$
10	$I = 62,781tc^{-0,8}$
25	$I = 72,145tc^{-0,8}$
50	$I = 79,228tc^{-0,8}$

Fuente: Elaboración propia

3.2. DISEÑO GEOMÉTRICO

3.2.1. Parámetros de diseño geométrico

Para definir los parámetros geométricos de este proyecto, se ha efectuado un análisis del manual para diseño de carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras.

3.2.2. Clasificación del tramo vial

La clasificación de la ABC para diseño de caminos.

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las velocidades de proyecto más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso.

Tabla N° 3.14: Clasificación funcional para diseño de carreteras

CATEGORÍA		SECCIÓN TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CÓDIGO TIPO
		N° CARRILES	N° CALZADAS		
Autopista	(O)	4 ó UD	2	120 – 100 – 80	A (n) – xx
Autorruta	(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	(IV)	2 BD	1	50 – 40 – 30*	D – xx

- UD: Unidireccionales

- BD: Bidireccionales

Fuente: A.B.C.

(n) Número Total de Carriles

xx Velocidad de Proyecto (km/h)

* Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

De acuerdo a lo establecido en las características básicas de diseño geométrico para la construcción de caminos de la Administradora Boliviana de Carreteras, el tramo se establece como un camino **Categoría local (III)**.

3.2.3. Velocidad de proyecto

Los Caminos Locales son los que se conectan a los caminos Colectores, su sección transversal prevista normalmente es de dos carriles bidireccionales y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70 km/h

- Terreno Ondulado Fuerte 60 km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40 km/h

La velocidad de proyecto de un camino, es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, principalmente en el alineamiento horizontal y vertical, en condiciones de comodidad y seguridad.

Por lo tanto, según la categoría de camino, la velocidad de diseño para el tipo de terreno es de **50 km/h** para el tramo Cañas – Camacho.

3.2.4. Alineamiento horizontal

3.2.4.1. Radio de curvas horizontales

La expresión que se emplea para hallar los radios mínimos es:

$$R_{min} = \frac{Vp^2}{127(e_{max} + f)}$$

Tabla N° 3.15: Valores máximos para el peralte y la fricción transversal

DESCRIPCION	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: Administradora Boliviana de Carreteras

Tabla N° 3.16: Radios mínimos en curvas horizontales

CAMINOS COLECTORES – LOCALES – DESARROLLO			
V _p	e _{máx}	f	R _{min}
[km/h]	[%]	---	[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

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

3.2.4.2. Curvas horizontales de transición

La curva de transición adoptada como curvas de transición es la espiral de Euler o clotoide. La longitud de este elemento geométrico se adopta en función de diferentes criterios, donde su ecuación paramétrica es la siguiente:

$$R \times L = A^2$$

Las condiciones que se plantea para su aplicación en este caso, se resumen a continuación:

Criterio a) Por condición de guiado óptico, es decir para tener una clara percepción del elemento de enlace y de la curva circular, se considera este criterio en base a la siguiente expresión:

$$R/3 \leq A \leq R$$

Dónde:

R = Radio.

Criterio b) Como condición adicional de guiado óptico es conveniente que si el radio enlazado posee un $R \geq 1,2 R_{min}$, la condición este dada por:

$$A \geq (12 \cdot R^3)^{0,25}$$

Criterio c) Generalmente el peralte se desarrolla a lo largo de la transición, bajo este aspecto, la longitud mínima debe tomar en cuenta la pendiente relativa máxima a dar al borde exterior de la curva de transición con respecto al eje de la calzada. La expresión que permite calcular la longitud de transición bajo este criterio es la siguiente:

$$A \geq \left(\frac{n \times a \times e \times R}{\Delta} \right)^{1/2}$$

Dónde:

n = Número de carriles entre el eje de rotación y el borde más comprometido.

a = Ancho del carril (m).

e = Peralte de la curva (m/m).

R = Radio de la curva (m).

Δ = Pendiente máxima relativa del borde, respecto al eje de rotación (m/m).

Tabla N° 3:17: Valores admisibles pendiente relativa de borde

Vp (km/h)	30 – 50	60 – 70	80 – 90	100 – 120
Δ Normal	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ Máx n = 1	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ Máx n > 1	1,5	1,3	0,9	0,8

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Criterio d) criterio de la comodidad dinámica.

La longitud o parámetro mínimo de la clotoide, se obtiene, suponiendo que el peralte se distribuye uniformemente a lo largo del desarrollo de la curva de transición y la tasa de variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte con el tiempo de recorrido, se mantiene constante. El cálculo se efectúa con la siguiente expresión:

$$A = \left(\frac{Ve \cdot R}{46,656 \cdot J} \left(\frac{Ve^2}{R} - 1,27 \cdot e \right) \right)^{1/2}$$

Dónde:

Le = Longitud de transición (m).

Ve = Velocidad específica (km/h).

J = Tasa de distribución de la aceleración transversal (m/s^3).

e = Peralte de la curva (%).

R = Radio de la Curva (m).

Si el radio que se está enlazando posee un valor comprendido entre $R_{min} \leq R \leq 1,2R_{min}$, resulta conveniente emplear los valores de J_{max} .

Tabla N° 3.18: Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal

$V_e \approx V_p$ (km/h)	40 – 60	70	80
J_{max} (m/s ³)	1,5	1,4	1,0

Si el radio que se está enlazando posee un valor $R > 1,2 R_{min}$, se emplearán los valores de J Normal.

Tabla N° 3.19: Tasa normal de distribución de la aceleración transversal

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$V_e \geq 80$
J Normal (m/s ³)	0,5	0,4

Para caminos con $V_p \leq 80$ km/h, si $R > 1500$ m, no se requiere el empleo de clotoides para los radios de diseño.

Para nuestro diseño geométrico se optó por el criterio “C” Desarrollo del peralte.

Se eligió el criterio “C” porque nos proporciona la distancia mínima, que permite la transición del peralte, esta longitud mínima es de 30 metros.

3.2.4.3. Distancias de visibilidad

Una carretera o camino debe ser diseñada de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o decida efectuar.

3.2.4.3.1. Distancia de frenado

La distancia de Frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$Df = \frac{V \cdot t}{3,6} + \frac{V^2}{254(f_1 + i)}$$

Tabla N° 3.20: Distancia mínima de frenado en horizontal

V	T	f _i	dt	df	Df (m)		V
Km/h	s	---	m	m	dt+df	Adopt.	Km/h
30	2	0,420	16,7	8,4	25,1	25	30
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38	40
50	2	0,410	27,8	24,0	51,8	52	50
60	2	0,400	33,3	35,5	68,8	70	60
70	2	0,380	38,9	50,8	89,7	90	70
80	2	0,360	44,4	70,0	114,4	115	80
100	2	0,330	55,5	119,4	174,9	175	100

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras

3.2.4.3.2. Distancia de adelantamiento

Tabla N° 3.21: Distancia mínima de adelantamiento

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

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Tabla N° 3.22: Resumen del alineamiento horizontal

Curvas simples

N°	Prog. Inicio	Radio (m)	Desarrollo (m)	Tipo Curva
1	0+017,28	160	30,58	simple
2	0+052,02	400	43,96	simple
3	0+216,65	100	42,12	simple
4	0+676,12	80	46,12	simple
5	0+672,12	80	53,25	simple
6	0+775,89	80	79,11	simple
7	0+855,00	80	87,33	simple
8	0+947,21	85	55,09	simple
9	1+238,83	80	25,50	simple
10	1+592,06	80	42,84	simple
11	1+699,20	80	96,52	simple
12	1+795,72	86	81,62	simple

13	1+951,76	110	45,99	simple
14	1+997,75	148	54,68	simple
15	2+511,09	90	82,31	simple
16	2+669,20	100	73,02	simple
17	3+042,09	400	66,06	simple
18	3+235,66	160	48,04	simple
19	3+343,38	100	17,40	simple
20	3+423,08	140	86,43	simple
21	3+907,32	100	24,05	simple
22	4+036,20	380	115,21	simple
23	4+540,37	90	57,25	simple
24	4+603,10	560	84,90	simple
25	4+692,87	200	90,63	simple
26	4+789,70	120	42,33	simple
27	4+865,72	160	12,72	simple
28	4+920,87	100	30,53	simple
29	5+122,72	300	59,79	simple
30	5+314,86	800	134,17	simple
31	5+583,75	800	80,47	simple
32	5+830,77	300	77,63	simple
33	6+584,76	216	44,12	simple
34	6+850,48	80	32,76	simple

Curvas con transición

Nº	PROG. INICIO	LONGITUD CLOTOIDE (m)	RADIO CIRCULAR (m)	LONGITUD CIRCULAR (m)	TIPO DE CURVA
1	0+108,84	30	100	39,52	Transición
2	0+266,64	40	300	114,80	Transición
3	0+468,99	60	100	34,00	Transición
4	1+109,45	30	120	34,34	Transición
5	1+267,46	60	100	21,82	Transición
6	1+425,09	45	140	71,39	Transición
7	2+141,46	30	120	25,53	Transición
8	2+307,04	30	110	41,93	Transición
9	2+413,06	30	80	33,25	Transición
10	3+515,31	35	130	38,23	Transición
11	3+742,96	30	100	32,15	Transición
12	3+937,50	35	80	24,87	Transición
13	4+324,72	30	80	55,31	Transición

14	6+084,27	100	300	94,81	Transición
15	6+389,59	30	100	135,16	Transición

3.2.5. Alineamiento vertical

3.2.5.1. Pendiente longitudinal

3.2.5.1.1. Pendiente máxima

Tabla N° 3.23: Pendientes máximas admisibles (%)

CATEGORÍA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)							
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Adoptándose como pendiente máxima igual a **9 %** para el tramo Cañas – Camacho

3.2.5.1.2. Pendiente mínima

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales.

3.2.5.2. Curvas verticales

Curvas verticales convexas

Se considera la distancia de frenado sobre un obstáculo fijo situado sobre el carril de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de este carril. El parámetro queda dado por:

$$K_v = Df^2 / 4,48$$

Curvas verticales cóncavas

Se considera la distancia de frenado nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. El parámetro queda dado por:

$$K_c = Df^2 / (1,2 + 0,035Df)$$

Tabla N° 3.24: Parámetros mínimos por criterio de visibilidad de frenado

VELOCIDAD DE PROYECTO	CURVAS CONVEXAS			CURVAS CÓNCAVAS
	K _v			K _c
V _p (km/h)	V* = V _p Km/h	V* = V _p + 5 Km/h	V* = V _p + 10 Km/h	V _p Km/h
30	300	300	300	400
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
100	6850	7400	8200	4200

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Parámetros por visibilidad de adelantamiento

El parámetro mínimo para curvas convexas por condiciones de adelantamiento está dado por:

$$K_a = \frac{D a^2}{9,2}$$

Tabla N° 3.25: Parámetros mínimos para la visibilidad por adelantamiento

V (km/h)	30	50	60	70	80	100
K _a (m)	350	980	14900	21000	27200	39100

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Longitud mínima de curvas verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 \cdot T(m) \geq |V_p(km/h)|$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto del camino, expresada en km/h.

Para el proyecto el desarrollo mínimo de la curva vertical será de 50 m correspondientemente a la velocidad del proyecto del tramo.

Tabla N° 3.26: Resumen alineamiento vertical

CURVA VERTICAL	P.K.	COTA (m)	PENDIENTE SALIDA (%)	LONGITUD DE LA CURVA (m)	TIPO DE CURVA
1	0+393,068	2.064,823	-0,947 %	50,000	Convexo
2	0+480,000	2.064,000	-7,031%	67,000	Convexo
3	0+579,721	2.056,989	2,308%	94,000	Cóncavo
4	0+711,249	2.060,025	0,000 %	50,000	Convexo
5	0+806,249	2.060,025	-2,381%	50,000	Convexo
6	0+927,362	2.057,141	1,396%	50,000	Cóncavo
7	1+362,098	2.063,681	3,046%	50,000	Cóncavo
8	1+464,711	2.066,806	5,738%	50,000	Cóncavo
9	1+580,000	2.073,421	3,811%	50,000	Convexo
10	1+697,223	2.077,889	-2,397%	64,000	Convexo
11	1+823,255	2.074,868	-0,619 %	50,000	Cóncavo
12	2+035,127	2.073,557	2,563%	50,000	Cóncavo
13	2+196,986	2.077,705	7,280%	50,000	Cóncavo
14	2+308,241	2.085,804	-6,263%	144,000	Convexa
15	2+469,693	2.075,692	7,227%	128,000	Cóncava
16	2+640,000	2.088,000	-1,625%	94,000	Convexa
17	2+826,731	2.084,966	4,116%	58,000	Cóncava
18	2+993,060	2.092,073	-0,512 %	74,000	Convexa
19	3+182,653	2.091,102	-6,116%	60,000	Convexa
20	3+289,765	2.084,551	7,339%	130,000	Cóncava
21	3+423,362	2.094,355	0,975 %	70,000	Convexa
22	3+528,865	2.095,385	3,734%	50,000	Cóncava
23	3+907,320	2.108,994	-2,400%	56,000	Convexa
24	3+989,470	2.107,023	4,902%	68,000	Cóncava
25	4+120,000	2.113,421	3,499%	50,000	Convexa
26	4+367,430	2.122,079	1,617%	50,000	Convexa
27	4+456,821	2.123,524	0,001 %	50,000	Convexa
28	4+552,155	2.123,524	-1,893%	50,000	Convexa
29	4+661,824	2.121,448	0,844 %	50,000	Cóncava
30	4+809,270	2.122,692	2,054%	50,000	Cóncava
31	4+923,646	2.125,041	3,338%	50,000	Cóncava
32	5+074,621	2.130,081	1,933%	50,000	Convexa
33	5+229,975	2.133,083	3,170%	50,000	Cóncava
34	5+519,508	2.142,261	2,873%	50,000	Convexa
35	5+704,856	2.147,586	3,039%	50,000	Cóncava
36	6+068,221	2.158,630	3,105%	50,000	Cóncava

37	6+453,221	2.170,585	2,080%	50,000	Convexa
38	6+604,817	2.173,737	4,113%	50,000	Cóncava
39	6+680,795	2.176,862	0,019 %	50,000	Convexa
40	6+869,950	2.176,899	5,343%	50,000	Cóncava
41	6+983,770	2.182,980	3,869%	50,000	convexa

3.3. LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Para el tipo de camino que tenemos que es de categoría local III se puede resumir en la siguiente tabla los parámetros de diseño.

Tabla N° 3.27: Parámetros de diseño de secciones transversales

SECCIONES TRANSVERSALES	
Ancho de Calzada	3 m
Bombeos	2,5%
Bermas	0,5 m
Sobre ancho	0,5 m
Talud en Corte	1: 3
Talud en Terraplén	1,5:1

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Bombeos

El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de la lluvia de 1 Hora de duración con período de retorno de 10 años (I_{10}) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado y determinado según un estudio hidrológico

Tabla N° 3.28: Bombeos de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE	PENDIENTE TRANSVERSAL	
	$(I_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}$	$(I_{10}) > 15 \text{ mm/h}$
Pav. De Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 – 3,5	3,5 – 4,0

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

3.3.2. Sobreanchos en curvas

CALZADA EN RECTA 6,0 m (n = 2) $0,35 \text{ m} \leq E \leq 3,20 \text{ m}$ $h1 = 0,45 \text{ m}$ $h2 = 0,05 \text{ m}$					
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(L_0^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(L_0^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$

Tabla N° 3.29: Planilla de sobre anchos de curvas horizontales

N°	PROG.	RADIO(m)	E(m)	e.int(m)	e.ext (m)
1	0+017,28	160	0,91	0,50	0,41
2	0+052,02	400	0,45	0,55	0,20
3	0+216,65	100	1,36	0,75	0,61
4	0+676,12	80	1,66	0,91	0,75
5	0+672,12	80	1,66	0,91	0,75
6	0+775,89	80	1,66	0,91	0,75
7	0+855,00	80	1,66	0,91	0,75
8	0+947,21	85	1,57	0,87	0,71
9	1+238,83	80	1,66	0,91	0,75
10	1+592,06	80	1,66	0,91	0,75
11	1+699,20	80	1,66	0,91	0,75
12	1+795,72	86	1,56	0,86	0,70
13	1+951,76	110	1,25	0,69	0,56
14	1+997,75	148	0,97	0,53	0,44
15	2+511,09	90	1,49	0,82	0,67
16	2+669,20	100	1,36	0,75	0,61
17	3+042,09	400	0,45	0,25	0,20
18	3+235,66	160	0,91	0,50	0,41
19	3+343,38	100	1,36	0,75	0,61
20	3+423,08	140	1,01	0,56	0,46
21	3+907,32	100	1,36	0,75	0,61
22	4+036,20	380	0,47	0,26	0,21
23	4+540,37	90	1,49	0,82	0,67
24	4+603,10	560	0,37	0,20	0,16
25	4+692,87	200	0,76	0,42	0,34
26	4+789,70	120	1,16	0,64	0,52
27	4+865,72	160	0,91	0,50	0,41

28	4+920,87	100	1,36	0,75	0,61
29	5+122,72	300	0,55	0,30	0,25
30	5+314,86	800	0,30	0,17	0,14
31	5+583,75	800	0,30	0,17	0,14
32	5+830,77	300	0,55	0,30	0,25
33	6+584,76	216	0,71	0,39	0,32
34	6+850,48	80	1,66	0,91	0,75
1	0+108,84	100	1,36	0,75	0,61
2	0+266,64	300	0,55	0,30	0,25
3	0+468,99	100	1,36	0,75	0,61
4	1+109,45	120	1,16	0,64	0,52
5	1+267,46	100	1,36	0,75	0,61
6	1+425,09	140	1,01	0,56	0,46
7	2+141,46	120	1,16	0,64	0,52
8	2+307,04	110	1,25	0,69	0,56
9	2+413,06	80	1,66	0,91	0,75
10	3+515,31	130	1,08	0,59	0,49
11	3+742,96	100	1,36	0,75	0,61
12	3+937,50	80	1,66	0,91	0,75
13	4+324,72	80	1,66	0,91	0,75
14	6+084,27	300	0,55	0,30	0,25
15	6+389,59	100	1,36	0,75	0,61

Fuente: Elaboración propia

3.4. TALUDES

3.4.1. Talud de corte

Por las características del terreno y observando los cortes ya realizados en el camino existente se puede ver que el suelo es estable permitiendo cortes con inclinaciones casi verticales, por lo cual se adoptó como talud de corte la relación 1 [H]: 3 [V], como se muestran en los planos de transversales, los cortes que son mayores a los tres metros, fueron verificados por el método de Culmann para la estabilidad de taludes adoptando factores de seguridad para obtener sus alturas críticas.

Tabla N° 3.30: Alturas críticas para la estabilidad de taludes método de Culmann

PROGRESIVA	ALTO DE CORTE (m)	ANGULO DE INCLINACIÓN β	FACTOR DE SEGURIDAD	ALTURA CRÍTICA	CRITERIO
0+810 - 0+850	5,31	71,57	1,5	6,88	Vulnerable moderada
1+670 - 1+690	4,80	71,57	1,5	6,88	Vulnerable moderada
1+960 - 1+980	5,05	71,57	1,5	6,88	Vulnerable moderada
2+060 - 2+140	9,10	71,57	1,25	9,19	Vulnerable alta
2+220 - 2+430	6,40	71,57	1,5	6,88	Vulnerable moderada
2+520 - 2+600	7,30	71,57	1,4	7,66	Vulnerable alta
3+120 - 3+220	5,30	71,57	1,5	6,88	Vulnerable moderada
3+940 - 3+950	4,00	71,57	2	4,5	Vulnerable baja

Fuente: elaboración propia

3.4.2. Talud de relleno

De acuerdo a las recomendaciones de la Administradora Boliviana de Carreteras, para este tipo de rellenos que son menores a los 15 metros, se adoptó un talud con la relación 1.5 [H]: 1 [V] para garantizar la estabilidad del mismo.

Parámetros geométricos para el diseño de la carretera

Los parámetros obtenidos para el diseño geométrico del proyecto son los siguientes:

Tabla N° 3.31: Parámetros geométricos obtenidos

CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS
Categoría del camino	III Local
Velocidad de diseño (Km/h)	50
Peralte máximo (%)	7,0
Radio mínimo (m)	80
Pendiente máxima (%)	9
Longitud mínima de Curvas Verticales	50
Ancho de los carriles de Circulación (m)	3,0
Pendiente transversal (%)	2,50
Ancho de bermas a cada lado (m)	0,50
Ancho de SAP a cada lado (m)	0,50
Talud en corte	1(H) : 3(V)

Talud en relleno	1,5(H) : 1(V)
Total plataforma (m)	8,0
Derecho de vía (m)	100

Fuente: Elaboración propia

3.5. DISEÑO DE OBRAS PARA DRENAJES

3.5.1. Parámetros de la cuenca

Con la ayuda del programa Google earth se estimó el área de las cuencas y de los parámetros necesarios para dimensionar las alcantarillas de cruce los resultados se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.32: Parámetros de las cuencas

ALCANT. N°	PROG.	ÁREA APORTE [m ²]	LONG. RÍO [m]	COTA MENOR [m]	COTA MAYOR [m]	PENDIENTE [m/m]	ALTURA H (m)
1	0+935	48770	260	2060	2090	0,1154	30
2	1+199	68016	360	2062	2120	0,1611	58
3	1+333	45010	380	2064	2130	0,1737	66
4	1+406	26964	315	2072	2138	0,2095	66
5	1+610	79910	635	2074	2192	0,1858	118
6	1+735	285912	1920	2073	2380	0,1599	307
7	2+052	180616	1277	2074	2265	0,1496	191
8	2+157	380550	1490	2073	2350	0,1859	277
9	2+460	47355	328	2086	2140	0,1646	54
10	2+716	35890	270	2085	2135	0,1851	50
11	2+837	31630	340	2084	2150	0,1941	66
12	2+991	63136	218	2088	2135	0,2156	47
13	3+048	50856	180	2088	2125	0,2056	37
14	3+285	2195452	3360	2083	2390	0,0914	307
15	3+500	95407	670	2094	2173	0,1179	79
16	3+622	62420	656	2097	2130	0,0503	33
17	3+988	194328	1428	2105	2312	0,1450	207
18	4+390	81087	712	2121	2210	0,1250	89
19	4+675	87885	933	2120	2193	0,0782	73
20	4+780	79445	840	2121	2180	0,0702	59
21	5+468	80400	721	2139	2210	0,0985	71
22	5+578	82300	775	2142	2210	0,0877	68
23	5+736	180901	1280	2143	2320	0,1383	177
24	6+080	111360	895	2157	2253	0,1073	96
25	6+466	527108	1128	2167	2340	0,1534	173

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. 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.

Aquí mostramos algunas fórmulas para estimar el tiempo de concentración en horas.

VENTURA:

$$t_c = 0.05 \sqrt{\frac{A}{S}}$$

GIANDOTTI.

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * S * L}$$

CALIFORNIA

$$t_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.35}}\right)^{0.76}$$

KIRPICH

$$t_c = \left[0.871 * \frac{L^3}{H}\right]^{0.385}$$

Tabla N° 3.33: Tiempo de concentración de algunos autores

N° CUENCA	VENTURA	GIANDOTTI	CALIFORNIA	KIRPICH	PROMEDIO
	Tc (hrs)	Tc (hrs)	Tc (hrs)	Tc (hrs)	Tc (hrs)
1	0,0325	1,6777	0,1624	0,0540	0,6314
2	0,0325	1,0789	0,1952	0,0610	0,4451
3	0,0255	0,8496	0,2005	0,0618	0,3706
4	0,0179	0,6763	0,1678	0,0498	0,2280
5	0,0328	0,6978	0,2925	0,0894	0,3599
6	0,0669	0,6462	0,6978	0,2221	0,5220
7	0,0549	0,7482	0,5183	0,1665	0,4777
8	0,0715	0,6710	0,5592	0,1724	0,4675
9	0,0268	0,9973	0,1812	0,0563	0,3154
10	0,0328	0,7578	0,1694	0,0683	0,2470

11	0,0202	0,7315	0,1804	0,0544	0,2466
12	0,0271	1,1202	0,1262	0,0371	0,3276
13	0,0249	1,2521	0,1101	0,0326	0,3549
14	0,2451	1,4120	1,1874	0,4239	1,0077
15	0,0450	1,1210	0,3322	0,1110	0,5214
16	0,0557	2,3756	0,3843	0,1516	0,9705
17	0,0579	0,7457	0,5676	0,1836	0,4990
18	0,0403	0,9802	0,3440	0,1138	0,4793
19	0,0530	1,3998	0,4618	0,1678	0,6765
20	0,0532	1,5994	0,4352	0,1613	0,7320
21	0,0452	1,2335	0,3634	0,1259	0,5743
22	0,0484	1,3427	0,3924	0,1392	0,6248
23	0,0572	0,8087	0,5271	0,1719	0,5025
24	0,0509	1,1023	0,4214	0,1439	0,5559
25	0,0325	1,6777	0,4694	0,1499	0,5565

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Caudales máximos

Los caudales máximos se estimaron usando el método racional que responde a la ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Dónde:

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).

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

Tabla N° 3.34: Coeficientes de escurrimiento “C”

Tipo de Terreno	Coefficiente de Escurrimiento
Pavimentos de adoquin	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

C = 0.40 Que es un valor racional para este tipo de cuencas.

La intensidad para un periodo de retorno de 25 años para las alcantarillas.

$$I = 72,145tc^{-0,8}$$

Tabla N° 3.35: Intensidad de lluvias y caudales

CUENCA	ÁREA [Km ²]	LONG. RIO [Km]	PENDIENTE [%]	TC [hr]	INTENSIDAD [mm/hr]	CAUDAL (m ³ /seg)
CU-1	0,049	0,260	11,54	0,631	104,219	0,565
CU-2	0,068	0,360	16,11	0,445	137,862	1,042
CU-3	0,045	0,380	17,37	0,371	159,593	0,798
CU-4	0,027	0,315	20,95	0,228	235,446	0,705
CU-5	0,080	0,635	18,58	0,360	163,391	1,451
CU-6	0,286	1,920	15,99	0,522	121,348	3,855
CU-7	0,181	1,277	14,96	0,478	130,280	2,615
CU-8	0,381	1,490	18,59	0,468	132,530	5,604
CU-9	0,047	0,328	16,46	0,315	181,593	0,955
CU-10	0,035	0,270	18,51	0,247	220,825	0,856
CU-11	0,032	0,340	19,41	0,247	221,091	0,777
CU-12	0,063	0,218	21,56	0,328	176,142	1,236
CU-13	0,051	0,180	20,56	0,355	165,233	0,934
CU-14	2,195	3,360	9,14	1,008	71,696	17,489
CU-15	0,095	0,670	11,79	0,521	121,463	1,288
CU-16	0,062	0,656	5,03	0,970	73,889	0,512
CU-17	0,194	1,428	14,50	0,499	125,805	2,716
CU-18	0,081	0,712	12,50	0,479	129,920	1,171
CU-19	0,088	0,933	7,82	0,676	98,622	0,963
CU-20	0,079	0,840	7,02	0,732	92,592	0,817
CU-21	0,080	0,721	9,85	0,574	112,429	1,004
CU-22	0,082	0,775	8,77	0,625	105,098	0,961
CU-23	0,181	1,280	13,83	0,503	125,095	2,514
CU-24	0,111	0,895	10,73	0,556	115,395	1,428
CU-25	0,527	1,128	15,34	0,556	115,300	6,753

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Diseño de alcantarillas

Se procede al diseño y dimensionamiento de alcantarillas, con los datos ya obtenidos (Caudal y Pendientes), Según el tipo de material se tomará un coeficiente de rugosidad “n” de **Tabla N°2.5:**

Para H° A° $n = 0,012$ y para tubos metálicos galvanizados $n = 0,024$.

Para darle un margen de seguridad al funcionamiento de las alcantarillas se determinaron los diámetros tales que los caudales máximos tengan un tirante máximo igual a $2/3$ del diámetro, se realizó los cálculos con el programa H-CANALES.

Cálculo del tirante normal y la velocidad en alcantarillas utilizando el programa

H- canales.

Tabla N° 3.36: Resumen de Alcantarillas

CUENCA	CAUDAL [m3/seg]	PENDIENTE [m/m]	DIAMETRO [m]	TIRANTE [m]	VELOCIDAD [m/seg]	Nº TUBOS	MATERIAL
CU-1	0,565	0,0138	1,00	0,290	2,970	1	H°A°
CU-2	1,042	0,0193	1,00	0,370	3,970	1	H°A°
CU-3	0,798	0,0191	1,00	0,320	3,680	1	H°A°
CU-4	0,705	0,0210	1,00	0,315	2,959	1	H°A°
CU-5	1,451	0,0186	1,00	0,450	4,290	1	H°A°

CU-6	3,855	0,0128	1,20	0,820	4,700	1	METAL
CU-7	2,615	0,0135	1,20	0,620	4,410	1	METAL
CU-8	5,604	0,0167	1,20	0,620	3,065	2	METAL
CU-9	0,955	0,0214	1,00	0,340	4,030	1	H°A°
CU-10	0,856	0,0218	1,00	0,430	4,270	1	H°A°
CU-11	0,777	0,0252	1,00	0,290	4,030	1	H°A°
CU-12	1,236	0,0280	1,00	0,360	4,770	1	H°A°
CU-13	0,934	0,0267	1,00	0,320	4,330	1	H°A°
CU-14	8,745	0,0201	2,00	1,290	4,080	2	METAL
CU-15	1,288	0,0130	1,00	0,460	3,640	1	H°A°
CU-16	0,512	0,0065	1,00	0,340	2,200	1	H°A°
CU-17	2,716	0,0159	1,20	0,610	4,730	1	METAL
CU-18	1,171	0,0150	1,00	0,420	3,740	1	H°A°
CU-19	0,963	0,0102	1,00	0,420	3,080	1	H°A°
CU-20	0,817	0,0091	1,00	0,400	2,830	1	H°A°
CU-21	1,004	0,0128	1,00	0,410	3,420	1	H°A°
CU-22	0,961	0,0114	1,00	0,410	3,310	1	H°A°
CU-23	2,514	0,0104	1,20	0,660	3,950	1	METAL
CU-24	1,428	0,0086	1,00	0,550	3,200	1	H°A°
CU-25	3,376	0,0153	1,20	0,630	4,720	2	METAL

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Cunetas

Para estimar el valor de las áreas de aporte sobre las cunetas se multiplicó la longitud del derecho de vía 50 m por la longitud de la cuneta, tomando como tiempo de concentración 10 minutos para el cálculo de las intensidades, utilizando la siguiente formula y considerando un periodo de retorno de 5 años.

$$I = 55,698tc^{-0,8}$$

El coeficiente de escorrentía “C” fue ponderado tomando en cuenta dos tipos de suelos el natural y de la calzada.

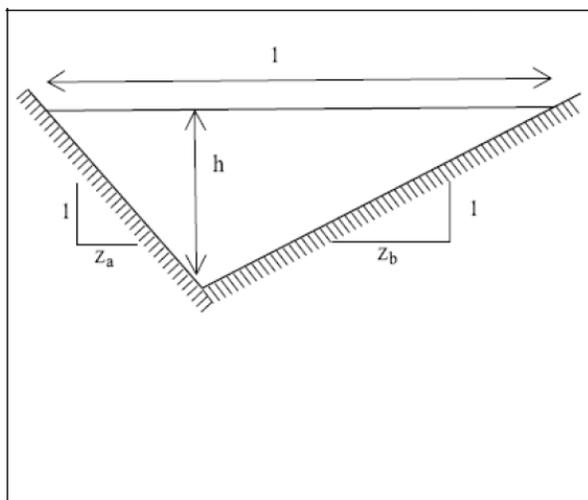
Tabla N° 3.37: Caudales de las cunetas por el método racional

Prog. Inicio	Prog. Final	Longitud Cuneta		Área de aporte (m ²)	Intensidad (mm/hra)	Coef. ponderado "C"	Caudal (lt/seg)
		Margen izq.	Margen der.				
0+445	0+515	70	50	3500	233,1666	0,55	124,68
0+798	0+885	87	62	4350	233,1666	0,55	154,96
1+240	1+305	65	65	3250	233,1666	0,55	115,77
1+650	1+710	60	0	3000	233,1666	0,55	106,87
2+060	2+145	85	65	4250	233,1666	0,55	151,40
2+200	2+300	100	160	5000	233,1666	0,55	178,11
2+320	2+445	130	120	6500	233,1666	0,55	231,55
2+500	2+640	140	115	7000	233,1666	0,55	249,36
3+180	3+250	70	40	3500	233,1666	0,55	124,68
3+935	3+965	30	0	1500	233,1666	0,55	53,43
4+045	4+100	55	30	2750	233,1666	0,55	97,96
4+580	4+615	35	0	1750	233,1666	0,55	62,34
6+850	6+958	105	105	5250	233,1666	0,55	187,02
Longitud total		2400 m					

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.1. Tipo de sección cunetas

Fue seleccionada una cuneta de sección triangular de dos pendientes.



Ecuaciones

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

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

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

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

Para la sección adoptada tenemos:

$$Za = 0,333$$

$$Zb = 1,5$$

Remplazando los valores de Za y Zb en Ecuación (III) y luego remplazando en ecuación (I)

Queda:

$$Q = \frac{1}{n} (0,3208 * y)^{\frac{2}{3}} * (0,9165 * y^2) * S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{V})$$

Remplazando los caudales y las pendientes en la ecuación (V) obtenemos los tirantes “y”

Tabla N° 3.38: Tirantes y velocidad en cunetas

PROG. INICIO	PROG. FINAL	CAUDAL (m ³ /seg)	PENDIENTE (m/m)	TIRANTE "y" (m)	ESPEJO "T" (m)	VELOCIDAD (m/seg)
0+445	0+515	0,1247	0,0450	0,2207	0,4045	2,7976
0+798	0+885	0,1550	0,0238	0,2699	0,4947	2,3264
1+240	1+305	0,1158	0,0166	0,2588	0,4744	1,8893
1+650	1+710	0,1069	0,0381	0,2149	0,3939	2,5290
2+060	2+145	0,1514	0,0258	0,2634	0,4828	2,3831
2+200	2+300	0,1781	0,0702	0,2321	0,4254	3,6134
2+320	2+445	0,2315	0,0626	0,2616	0,4795	3,6952
2+500	2+640	0,2494	0,0723	0,2619	0,4801	3,9743
3+180	3+250	0,1247	0,0612	0,2083	0,3818	3,1393
3+935	3+965	0,0534	0,024	0,1807	0,3312	1,7883
4+045	4+100	0,0980	0,0490	0,1985	0,3639	2,7203
4+580	4+615	0,0623	0,0210	0,1963	0,3598	1,7677
6+850	6+958	0,1870	0,0334	0,2717	0,4980	2,7681

Fuente: Elaboración propia

La sección final dependerá del mayor tirante más un bordo libre

Altura total $H = y + BL = 0,30 + 0,05 = 0,35$ m.

Esta altura nos da un espejo de 0,65 m

3.5.5.3. Zanjas de coronación

En los sectores donde existan cortes se sugiere construir zanjas de coronación para evitar que el agua que escurre por las laderas lleguen a los taludes ya que estas podrían saturar el suelo volviéndolo inestable quedando vulnerable a deslizamientos o derrumbes, Se adoptara la sección más eficiente que es la trapecial para evacuar estas aguas hasta un lugar seguro donde no pongan en riesgo la estabilidad de los taludes ni del paquete estructural.

3.6. DISEÑO ESTRUCTURAL

3.6.1. 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.

Tabla N° 3.39: Periodos de diseño en función del tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Urbana de tránsito elevado	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

3.6.2. Factor distribución direccional

A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección.

3.6.3. Factor de crecimiento

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la AASHTO:

Tabla N° 3.40: Factor de crecimiento

PERÍODO DE DISEÑO EN AÑOS (<i>n</i>)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL, <i>g</i> EN PORCENTAJE							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	2,0	2,02	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,10
3	3,0	3,06	3,12	3,15	3,18	3,21	3,25	3,31
4	4,0	4,12	4,25	4,31	4,37	4,44	4,51	4,64
5	5,0	5,20	5,42	5,53	5,64	5,75	5,87	6,11
6	6,0	6,31	6,63	6,80	6,98	7,15	7,34	7,72
7	7,0	7,43	7,90	8,14	8,39	8,65	8,92	9,49

8	8,0	8,58	9,21	9,55	9,90	10,26	10,64	11,44
9	9,0	9,75	10,58	11,03	11,49	11,98	12,49	13,58
10	10,0	10,95	12,01	12,58	13,18	13,82	14,49	15,94
11	11,0	12,17	13,49	14,21	14,97	15,78	16,65	18,53
12	12,0	13,41	15,03	15,92	16,87	17,89	18,98	21,38
13	13,0	14,68	16,63	17,71	18,88	20,14	21,50	24,52
14	14,0	15,97	18,29	19,18	21,01	22,55	24,21	27,97
15	15,0	17,29	20,02	21,58	23,28	25,13	27,15	31,77

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

3.6.4. Factor de distribución por carril

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%. **Tomado de la tabla N° 2.6: del capítulo II**

3.6.5. Factores equivalentes de carga (LEF)

$$LEF = \frac{\text{N° de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI}{\text{N° de ejes de X kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

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”).

3.6.6. Factor de camión

Este factor puede ser calculado para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico.

$$\text{Factor de camión} = TF = \frac{\text{N° ESALs}}{\text{N° de camiones}}$$

3.6.7. Cálculo de ejes simples equivalentes (ESAL'S)

Se calcula el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$ESALs = TPDA * GF * DD * LD * TF * 365$$

Tabla N° 3.41: Cálculo de LEFs

TIPO DE VEHICULO	CARGA POR EJE (Kips)	TIPO DE EJE	VOLUMEN DE TRAFICO DIARIO	N° DE EJES	LEFs	N° DE ESALs
Automoviles, Vagonetas	4	Simple	72	72	0,002	0,144
Bus	18	Simple	13	13	1,000	13
Camion Mediano	18	Simple	29	29	1,000	29
Camion Grandes	36	Tandem	17	34	1,380	46,920
TOTAL			118	135		89,064

$$\text{Factor camion} = \text{TF} = \frac{\text{No de ESALs}}{\text{No de camiones}}$$

$$\text{TF} = 0,755$$

Tabla N° 3.42: Cálculo de ESALs

TIPO DE VEHICULO	CARGA POR EJE (KIPS)	TIPO DE EJE	TPDA	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRÁNSITO DE DISEÑO	FACTOR DE CAMION TF	N° DE ESALS
Automoviles, Vagonetas	4	Simple	72	21,58	567.122,4	0,755	428.052,453
Bus	10	Simple	13	21,58	102.397,1	0,755	772.87,2484
Camión Mediano	10	Simple	29	21,58	228.424,3	0,755	172.410,016
Camión Grande	38	Tandem	17	21,58	133.903,9	0,755	101.067,94
TOTAL			118				778.817,657

$$\text{ESALs de Diseño} = \text{No. de ESALs} * \text{DD} * \text{LD}$$

$$\text{ESALs de diseño} = 380.408,8$$

3.6.8. Numero estructural “SN”

El diseño del pavimento flexible, según la AASHTO, está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto.

3.6.9. Módulo de resiliencia

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

Tabla N° 3.43: Resultados de los ensayos de CBR

PROG.	CBR
	Al 95%
0+100	2,3
0+600	28,6
1+100	24,4
1+600	34,3
2+100	13,7
2+600	31,9
3+100	15,8
3+600	25,3
4+100	19,7
4+600	21,9
5+100	12,6
5+600	35,9
6+100	38,8
6+600	25,2

Fuente: Elaboración Propia

Se optó para el diseño un CBR = 15%, ya que después de realizar un análisis de alternativas (ver anexo 8), este CBR es el más conveniente para el diseño del paquete estructural, se deberá realizar un mejoramiento de la sub rasante con material de río en los tramos que el CBR sea menor al de diseño, con dicho mejoramiento se deberá lograr un CBR igual o mayor al de diseño.

Se utilizará la siguiente fórmula para calcular el módulo de resiliencia MR en Psi.

Para $10\% > \text{CBR} > 20\%$

$$MR (\text{psi}) = 2555 * \text{CBR}^{0.65}$$

Tabla N° 3.44: Relación CBR - MR

RELACIÓN CBR - MR	
CBR 95%	MR(Psi)
15	14.854,23

Fuente: Elaboración propia

3.6.10. Índice de serviciabilidad

Índices de servicio inicial y final $p_o = 4,2$. $p_t = 2,0$ para el proyecto

3.6.11. Nivel de confianza y desviación estándar

El nivel de confianza será de 80 de Tabla N° 2.7: El rango de la desviación estándar sugeridos por la AASTHO se encuentran entre los siguientes valores $0.40 \leq S_o \leq 0.50$: el valor adoptado para el proyecto será de 0.45

3.6.12. Coeficiente de drenaje “ C_d ”

Se tomó que en el proyecto se tiene una calidad de drenaje regular con un tiempo de saturación anual de una semana de Tabla N° 2.8: Por lo tanto, los valores de m_1 y m_2 serán = 1

3.6.13. 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:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4,2 - 1,5}}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \text{Log } M_R - 8,07$$

Dónde:

W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's

Z_R = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R

S_o = Desviación estándar

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

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

SN = Número estructural

3.6.14. Determinación de espesores por capas

Los coeficientes estructurales de capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente, serán obtenidos de los **Ábacos figuras N° 2.5, 2.6 y 2.7 del capítulo II**

$$a_1 = 0,44$$

$$a_2 = 0,13$$

$$a_3 = 0,11$$

Se empleó el software DIPAV 2.1. Para el diseño de pavimentos.

Este es un programa de diseño de pavimentos basado en la Guía de Diseño AASHTO – 93.

Los resultados de este programa para la carpeta asfáltica se presentan a continuación en el análisis de alternativas estructurales.

3.6.15. Alternativas del paquete estructural

Fueron consideradas dos alternativas para el diseño del pavimento flexible, ambas opciones mantendrán el trazo del diseño geométrico ya realizado, el mismo que tiene una longitud de 7.100 metros.

Alternativa 1

Consiste en el uso de una capa de rodadura de carpeta asfáltica de 50 mm de espesor y con una vida útil de 15 años

Alternativa 2

Consiste en el uso de un tratamiento superficial doble con un espesor de 25 mm y con una vida útil de 7 años.

Alternativa N° 1 Diseño de carpeta asfáltica

Imagen N° 7: Datos para diseño carpeta asfáltica

DIPAV 2.1

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

Cañas- Camacho

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Serviciabilidad Inicial (Po) 4.2

Serviciabilidad Final (Pt) 2

Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)(KPa) - (psi) 102,539.96 KPa ==> 14,872.16 psi

Confiabilidad (R)(%) 80

Desviación Estándar (So) 0.49

Número de Ejes Equivalentes ESALs 380,408.83

Número de Etapas de Construcción 1

Número Estructural (mm) - (pulg) 54 2.13

SN

ESALs

Imagen N° 8: Resultados de carpeta asfáltica

DIPAV 2.1

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

Cañas- Camacho

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
CAPA DE RODADURA	0.44	1	435,000		96	42	50
CAPA BASE	0.13	1.10	190,000		70	10	100
CAPA SUB BASE	0.11	1.10	110,000		12	1	150

Número Estructural Alcanzado 54

Número Estructural Requerido 54

Alternativa N° 2 Tratamiento superficial doble

Imagen N° 9: Datos para diseño del tratamiento superficial doble

DIPAV 2.1

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

Cañas-Camacho

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Serviciabilidad Inicial (Po) 4.2

Serviciabilidad Final (Pt) 2

Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)(KPa) - (psi) 102,539.96 KPa ==> 14,872.16 psi Calcular

Confiabilidad (R)(%) 80

Desviación Estándar (So) 0.49

Número de Ejes Equivalentes ESALs 380,408.83 Calcular ESALs

Número de Etapas de Construcción 1

Número Estructural (mm) - (pulg) 54 2.13

SN Calcular

ESALs Borrar todo

Imagen N° 10: Resultados del tratamiento superficial doble

DIPAV 2.1

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

Cañas-Camacho

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coeficiente Estructural (ai)	Coeficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
TSD	0.20	1	435,000	211	42	25	
CAPA BASE	0.13	1.10	190,000	70	10	150	
CAPA SUB BASE	0.11	1.10	110,000	12	1	250	

Número Estructural Alcanzado 57

Número Estructural Requerido 54

Verificar

Resumen diseño del paquete estructural

ESTRUCTURALCARPETA ASFALTICA (mm)	
Carpeta asfáltica	50
Base	100
Sub base	150
TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (mm)	
Tratamiento superficial	25
Base	150
Sub base	250

Se analizó cada una de las alternativas y considerando el análisis económico, los aspectos técnicos y de acuerdo a las necesidades de la zona. Dando como resultado la alternativa 1 como la más viable.

3.7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

3.7.1. Cómputos métricos

Los cómputos métricos fueron determinados para poder obtener el costo total de la obra (ver anexo N° 6).

3.7.2. Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems que se definió en el presente proyecto, se desarrolló teniendo en cuenta tres componentes específicos: Materiales, mano de obra y equipo. Para cada componente se consideraron los gastos generales, Utilidades e Impuestos.

A continuación, se desglosa todos los componentes que influyen en el análisis de precios unitarios

3.7.2.1. 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.

3.7.2.2. 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. Todas estas incidencias fueron convertidas en días efectivamente pagados y en porcentajes de incidencia que sirvieron para determinar los factores de mayoración correspondientes.

Tabla N° 3.45: Categorización mercado local para la mano de obra destinada a la construcción

CATEGORIA	DESCRIPCION	JORNALES (bs)
No calificada		
1	Peón	86
2	Ayudante	100
3	Contramaestro	150
4	Maestro	156
Calificada		
5	Especialista	156
6	Operador de equipo liviano	130
7	Operador de equipo pesado	160
8	Capataz	170
9	Técnico	176

3.7.2.3. 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.

Para el cálculo de las cargas sociales se confeccionó primero la tabla siguiente que muestra el precio de la mano de obra, expresado en bolivianos este precio son los que se presentan en las revistas de la cámara de la construcción y se añadió el costo de la alimentación considerando el precio de almuerzo desayuno y cena.15bs, 10bs y 5bs respectivamente sumando el costo diario y dividiendo entre 8 horas laborales obtenemos 3.75 bs que serán añadidos a los precios horarios finales.

Tabla N° 3.46: Precio promedio de la mano de obra en el mercado local

CATEGORIA	DESCRIPCION	JORNAL (bs)	PRECIO HORARIO (bs)	PRECIO HORARIO + ALIMENTACION
1	Peón	86	12,75	14,50
2	Ayudante	100	12,50	16,25
3	Contramaestro	150	18,75	22,50
4	Maestro	156	19,50	23,25
5	Especialista	156	19,50	23,25
6	Operador equipo liviano	130	16,25	20,00
7	Operador equipo pesado	160	20,00	23,75
8	Capataz	170	21,25	25,00
9	técnico	176	22,00	25,75

3.7.2.4. Cargas de aplicación directa

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los aportes a entidades según Ley 1732

Tabla N° 3.47: Aportes a entidades

DESCRIPCION	PATRONAL	LABORAL
Caja nacional de salud	10 %	
Fondo de vivienda	2 %	
AFP	2 %	12,5 %
Infocal	1 %	
Total	15 %	12,5 %

3.7.2.5. Cargas de aplicación diferida

La incidencia por inactividad se la calcula de acuerdo al tipo de obra, en el caso de carreteras, las incidencias son mayores, debido a las imposibilidades y factores que impiden un buen desarrollo de la obra a continuación, se presenta el cálculo de los Días al año sin producción y los jornales cancelados al año.

Tabla N° 3.48: Incidencia de inactividad

DESCRIPCION	DIAS SIN PRODUCCION	JORNALAS PAGADOS
Domingos	52	52
Feriados	9	9
Vacación	15	15
Enfermedad	3	3
Ausencias justificadas	4	4
Ausencias injustificadas	2	
Lluvias	4	4
Día del constructor	1	1
TOTAL	90	88
Días efectivamente pagados	$365 - 90 =$	275 días
Jornales abonados	$275 + 88 =$	363 días
Incidencia de inactividad	$363/275$	1,32
INACTIVIDAD	32,00%	

3.7.2.6. 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.

Tabla N° 3.49: Incidencia por subsidios

SUBSIDIO	MONTO BS.	PERIODO (mes)	TOTAL A CANCELAR
Prenatal	1440	5	7200
Natalidad	1440	1	1440
Lactancia	1440	12	17280
Sepelio	1440	1	1440
Totales		19	27360

Para el análisis de la incidencia de los subsidios, es necesario determinar el costo mensual promedio de la mano de obra, para dicho efecto determinaremos el jornal o salario promedio ponderado mensual, en base a los precios vigentes en el mercado y pesos ponderados para carreteras.

Tabla N° 3.50: Salario ponderado mensual

OCUPACIÓN	SALARIO DIARIO	SALARIO MENSUAL	PROMEDIO PONDERADO	SALARIO PONDERADO
Peón	86	2580	13.19	340
Ayudante	100	3000	15.34	460
Albañil	150	4500	23.01	1035
Especialista	156	4680	23.93	1120
Maquinista	160	4800	24.54	1178
TOTAL		19560	100	4133

Es necesario determinar el número de trabajadores de planta para un proyecto, considerando 60 obreros de los cuales el 8% tienen derecho a los subsidios excepto

sepelio donde se asume un 4%, con estos datos determinamos el porcentaje de incidencia de los subsidios.

Tabla N° 3.51: Porcentaje de inversión anual en subsidios

SUBSIDIO	PORCENTAJE	FORMULA DE CALCULO	MONTO ANUAL Bs.
Prenatal	8%	$0,08*60*5$	34560
Natalidad	8%	$0,08*1440*1$	6912
Lactancia	8%	$0,08*1440*12$	82944
Sepelio	4%	$0,04*60*1$	3456
TOTAL			127872
Datos			
Salario promedio mensual	4133	Bs	
N° de obreros	60	Obreros	
Tiempo	12	Meses	
$4133*60*12$	2975760	Bs/año	
$127872/2975760$	4,29%	Subsidio	

3.7.2.7. 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.

Las Cámaras departamentales de la construcción, así como la cámara boliviana, han realizado estudios al respecto recomendando por lo general se aplique al precio de la mano de obra:

Tabla N° 3.52: Incidencia por seguridad industrial

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO Bs.	FORMULA DE CALCULO	TOTAL
Botas de agua	15	80	$15*80/60$	20
Guantes de cuero	120	7	$120*7/60$	14
Guantes de plástico	60	4	$60*4/60$	4
Ropa de trabajo	60	80	$60*80/60$	80

Cascos	60	25	$60*25/60$	25
Cinturón de seguridad	12	30	$12*30/60$	6
Botiquín	2	500	$2*500/60$	16,67
Anteojos	18	40	$18*40/60$	12
TOTAL				177,67
Incidencia promedio mensual	$177,67/12 =$	14,81	Bs/obreros mes	
Equivalente a:	$14,81/4133$	0,36%	Seguridad industrial	

Finalmente, se presenta en el siguiente cuadro, el resumen de la incidencia total de los beneficios sociales sobre el salario básico:

Tabla N° 3.53: Porcentajes totales

DESCRIPCION	PORCENTAJE
Aporte a entidades	27,50%
Incidencia de inactividad	32,00%
Incidencia por subsidios	4,29%
Seguridad industrial e higiene	0,36%
Porcentaje de beneficios	64,15%

Por lo tanto, se tomará el 64,15% de incidencia, por beneficios sociales sobre el salario básico.

3.7.2.8. 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.

3.7.2.9. 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.

3.7.2.10. Incidencias en la estructura del precio unitario

Al margen de los beneficios sociales que fueron analizados precedentemente, la estructura del precio unitario contiene otros porcentajes de incidencia que hacen la totalidad real del precio de la actividad.

3.7.2.10.1. Herramientas y equipos menores

Por lo general para este rubro, se adoptan un porcentaje de la mano de obra teniéndose como racional el 5% dependiendo de la actividad.

3.7.2.10.2. 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. Los consultores afectaron a los precios unitarios con un factor de gastos generales y administrativos de 10% del costo parcial del ítem, y que se desglosa a continuación:

Tabla N° 3.54: Resumen de incidencias por gastos generales

Incidencia por documentación de pliego	0,06%
Incidencia de preparación de propuesta	0,48%
Incidencia por documentos legales	0,19%
Incidencia por garantías y seguros	2,04%
Incidencia por preparación de oficina	2,68%
Incidencia por administración de obras	2,41%
Incidencia por movilización	1,06%
Incidencia por gestión de riesgos	1,08%

Total, gastos generales 10%

3.7.2.10.3. 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) y ese es el referente que se utiliza en el presente Proyecto

3.7.2.10.4. 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.

3.7.2.10.5. 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.

3.7.3. Presupuesto general del proyecto

PRESUPUESTO GENERAL					
PROYECTO: ASFALTADO DEL TRAMO CAÑAS CAMACHO					
Moneda: BOLIVIANOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO	COSTO
				UNITARIO	PARCIAL
1.	TRABAJOS PREVIOS				
1	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1,00	96.282,21	96.282,21
2	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1,00	41.734,42	41.734,42
3	REPLANTEO Y TRAZADO DEL CAMINO	KM	7,10	4.518,21	32.079,28
4	DESBROCE Y LIMPIEZA DERECHO DE VIA	HAS	7,10	3.513,26	24.944,17
	SUBTOTAL TRABAJOS PREVIOS				195.040,07
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
5	EXCAVACION C/MAQ EN TERRENO COMUN (C/TRANSP < 300 MTS.)	M3	51.158,34	27,66	1.415.090,84
6	SOBREACARREO	M3/KM	45.716,77	13,25	605.564,34
7	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M3	13.228,79	120,44	1.593.222,55
8	CONFORMACION DE SUB RASANTE MEJORADA	M3	2.400,00	159,41	382.572,00
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS				3.996.449,73
3.	PAVIMENTACION				
9	CONFORMACION DE CAPA SUB BASE	M3	8.520,00	217,85	1.856.090,52
10	CONFORMACION DE CAPA BASE (PROV. Y EJEC.) NO INCLUYE TRANSP.	M3	5.680,00	308,11	1.750.070,48
11	IMPRIMACION BITUMINOSA	M2	71.000,00	20,72	1.470.836,00
12	CARPETA ASFALTICA E=5 CM	M3	2.130,00	1.218,34	2.595.053,55
13	TRATAMIENTO SUPERFICIAL PARA BERMA	M2	7.100,00	171,51	1.217.735,20
	SUBTOTAL PAVIMENTACION				8.889.785,75
4.	OBRAS DE DRENAJE				
14	TRAZADO Y REPLANTEO DE ALCANTARILLAS	PZA	25,00	203,99	5.099,68
15	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	M3	823,26	43,39	35.718,78
16	ALCANTARILLAS DE TUBOS H°A° D=1.0 m	ML	259,00	1.589,03	411.559,03
17	ALCANTARILLAS DE TUBOS METAL CORRUGADO D=1.2 m	ML	127,00	1.883,81	239.244,12

18	ALCANTARILLA DE TUBO METAL CORRUGADO D=2.0 m	ML	36,00	2.908,50	104.706,14
19	RELLENO Y COMPACTADO DE ALCANTARILLAS	M3	279,42	175,72	49.099,12
20	HORMIGON CICLOPEO PARA OBRAS DE ALCANTARILLAS	M3	60,00	764,22	45.853,14
21	CUNETA REVESTIDA HORMIGON SIMPLE	M3	240,00	265,87	63.809,04
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJES				955.089,06
5.	SEÑALIZACION				
22	SEÑALIZACION HORIZONTAL BLANCAS E=0.10 M	ML	14.200,00	6,06	86.023,60
23	SEÑALIZACION HORIZONTAL AMARILLAS E=0.10 M	ML	5.440,00	6,86	37.302,08
24	SEÑALIZACION VERTICAL PREVENTIVA	PZA	18,00	987,12	17.768,12
25	SEÑALIZACION VERTICAL INFORMATIVA	PZA	4,00	1.736,08	6.944,32
26	SEÑALIZACION VERTICAL REGLAMENTARIA	PZA	6,00	1.053,49	6.320,91
	SUBTOTAL SEÑALIZACION				154.359,03
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				14.190.723,64

El precio del asfaltado del tramo Cañas - Camacho es de **14.190.723,64 Bs** (catorce millones ciento noventa mil setecientos veinte y tres 64/100 bs)

3.4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

3.4.1. Identificación de los impactos ambientales en la etapa de construcción

El presente acápite identifica los potenciales impactos ambientales que generaría el proyecto durante sus etapas de construcción.

3.4.2. Impactos sobre el medio físico

Impactos sobre el suelo

En la etapa constructiva, los impactos que se producirán sobre el suelo serán producto de limpieza y desbroce, excavación, relleno y compactación. En este caso, se produciría la pérdida de suelo como producto de las actividades antes mencionadas, que originarán un cambio permanente en el uso del suelo. Por lo expuesto, el impacto se considera negativo, localizado, duración permanente e irreversible.

El manejo y disposición inadecuados de lubricantes y cualquier tipo de hidrocarburo provenientes del uso y mantenimiento de la maquinaria, producirían esterilidad del suelo. El impacto sería negativo, de mediana importancia, localizado, y parcialmente reversible.

Impactos sobre el agua y los drenajes naturales

La inadecuada disposición de desechos de construcción en cauces de las quebradas, obstaculizaría el drenaje de las mismas. El impacto sería negativo, localizado, y parcialmente reversible.

El manejo inadecuado de desechos proveniente del mantenimiento y limpieza de la maquinaria, afectaría el cauce y la calidad del agua de los cursos intermitentes, privando o degradando en consecuencia la fuente de agua, así como su uso para la población y agricultura. Este impacto sería negativo, de mediana importancia, extensivo, y reversible.

Impactos sobre el aire

La emisión de gases que generarían por la maquinaria y los vehículos en el área de trabajo, originará un impacto negativo, de baja importancia, localizado, corta duración y reversible.

Se producirían emisiones de polvo producto del transporte de los materiales; actividades de limpieza, desbroce, excavación, relleno y compactación, así como debido al desplazamiento de vehículos en las áreas seleccionadas como vías alternas y en los caminos de acceso a la obra, se considera que el impacto es negativo, mediana importancia, localizado, corta duración y reversible.

Impactos sobre niveles de presión sonora

Se producirían altos niveles de presión sonora (ruido) producto del transporte de los materiales; actividades de excavación, relleno y compactación, así como debido al desplazamiento de vehículos en las áreas seleccionadas como vías alternas y en los caminos de acceso a la obra. Debido a que el trazado de la vía comprende áreas pobladas, se considera que el impacto es negativo, mediana importancia, localizado, corta duración y reversible.

3.4.3. Impactos sobre el medio biótico

Impactos sobre la flora

En la mayor parte del trazado no habrá un impacto significativo sobre este componente ambiental, ya que el mejoramiento del camino se realizará ocupando las áreas despejadas y ya existentes, donde la vegetación es poco predominantemente. Habrá afectaciones a algunos árboles que actualmente se encuentran al pie de la vía existente. El impacto se considera negativo, poca importancia, localizado y reversible.

Impactos sobre la fauna

El desbroce y tala de la vegetación en el sector de nuevo trazado ocasionaría la pérdida de hábitats, refugio, fuentes de alimentación), de aves y pequeños mamíferos.

Bajo estas consideraciones, se considera como impacto como negativo, mediana importancia, extensivo, permanente e irreversible.

Adicionalmente, la presencia humana indudablemente contribuirá a ahuyentar de manera temporal a la fauna más sensible en el área de trabajo y sus alrededores.

Impactos sobre los ecosistemas

Como consecuencia del desbroce podría generarse la fragmentación de ecosistemas pequeños y la desaparición de éstos a mediano plazo. Este impacto se daría en los remanentes más cercanos al área sujeta al efecto de “borde”, siendo éste de carácter negativo, localizado, duración permanente e irreversible.

3.4.4.- Impactos al medio socioeconómico

Impactos sobre la salud y seguridad del componente humano.

Falta de capacitación del personal en el manejo de equipos, mal funcionamiento de los mismos por falta de mantenimiento preventivo de los mismos, y ausencia de implementos de protección, pueden afectar la seguridad y salud de los trabajadores. Este tipo de impacto es negativo, alta importancia, puntual, corta duración.

La falta de una adecuada señalización durante la etapa constructiva puede incrementar los riesgos de ocurrencia de accidentes de tráfico, especialmente en los tramos del proyecto que coinciden con la vía existente. El impacto es negativo.

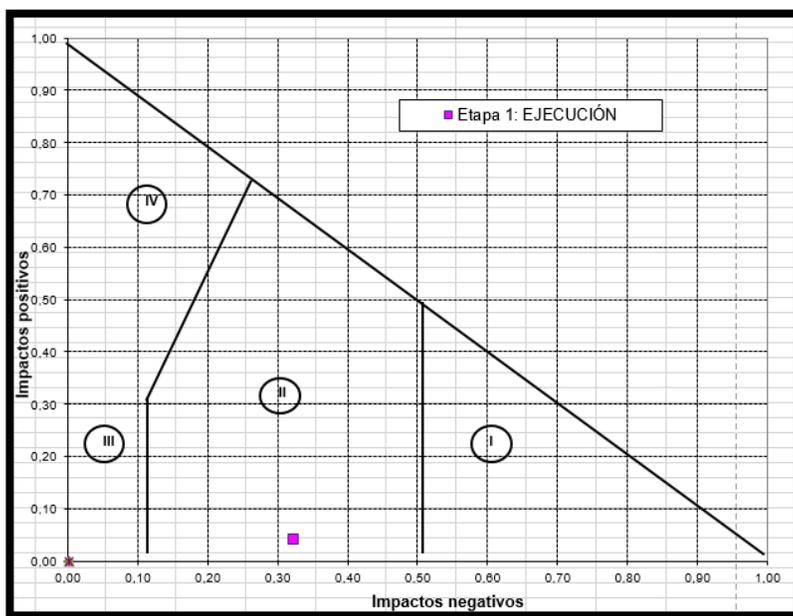
Impactos sobre el empleo

La creación de fuentes de trabajo temporales para las tareas de desbroce o de apertura de las franjas de servidumbre y mantenimiento de caminos, y en general actividades que no requiera personal especializado, generan beneficios temporales de los moradores de la zona. El impacto es positivo, alta importancia, y de corta duración

Impactos sobre las actividades económicas

Como complemento del impacto positivo antes anotado, también habría un incremento de las actividades comerciales (actividades económicas) debido a la presencia de trabajadores en el sector (para el desarrollo de cada actividad que comprende la construcción del proyecto), que podrían generar actividades económicas por parte de moradores de varios sectores como, por ejemplo, comedores de trabajo que servirán para los trabajadores de las constructoras, lo que a su vez redundaría en un beneficio para quienes habitan en el lugar como una fuente adicional de ingresos. Este impacto es positivo e importante.

Para calificar se utilizó la matriz resumen de Identificación de Impacto Ambiental que contiene los valores ponderados de los impactos ambientales negativos y positivos de cada atributo ambiental, ver anexos los resultados de este análisis se resumen en la siguiente gráfica que nos muestra el grado de impacto que produce la construcción de la carretera.



El proyecto tiene un impacto de categoría II, significa que requieren de una Evaluación de Impacto Ambiental Analítica Específica.

4.1. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el proyecto se concluye lo siguiente.

- El diseño geométrico del tramo cañas - Camacho tiene una longitud de 7.100 metros, un ancho de calzada de 6 metros, bermas de 0,5 metros, y la pendiente máxima del camino es de 8%.
- De acuerdo al diseño de obras de arte, en el camino se presentan tan solo alcantarillas de cruce. El número de alcantarillas de cruce es de 25 con un diámetro de 1, 1.2 y 2 metros. También se calculó la longitud de cunetas revestidas que es de 2400 m.
- Según el estudio de tráfico vehicular realizado, se determinó el número de ESALs, en función a la proyección de tráfico que se obtuvo para el año 2018 (año en que la carretera entrará en funcionamiento) este número de ESALs es de 380.408,00
- Se diseñó el paquete estructural de pavimento flexible, usando el software DIPAV 2.1, y se obtuvo los siguientes resultados:

CARPETA ASFALTICA (mm)	
Carpeta Asfáltica	50
Base	100
Sub base	150

- Se realizó el cálculo de los cómputos métricos, precios unitarios para así poder determinar presupuesto del camino Cañas – Camacho, dando como resultado el precio del camino es de **14.190.723,64 bs**
- El precio por kilómetro del asfaltado construido es de **1.998.693,47 bs**
- El precio por familia beneficiada es de bs **25.340,58 bs**

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar la alternativa estructural N° 1 ya que es la mejor haciendo un análisis técnico económico se pudo determinar que es más viable dicha alternativa.

- Se recomienda realizar mayores estudios a estos suelos para así conocer con mayor precisión las características del suelo del tramo para poder realizar un diseño del paquete estructural con mayor seguridad para el proyecto.
- Realizar meticulosamente la elección de los parámetros de diseño geométrico y estructural del asfaltado ya cualquier error que pudiese presentarse afectará directamente en los dimensionamientos de las estructuras la calidad de la obra y por ende en el costo del proyecto y la durabilidad del mismo.