

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES.

La evolución de la red caminera ha sido lenta; fundamentalmente debido a las condiciones topográficas y geográficas.

En nuestro país es necesaria la construcción de carreteras, como así también lo es el mantenimiento y mejoramiento de las ya existentes, con el propósito de brindar progreso y desarrollo económico y social del país.

Según información del Programa de Desarrollo para Caminos Rurales, el tráfico vehicular en la mayoría de los caminos es menor a los 90 vehículos/día. Estas carreteras de baja intensidad de tráfico también denominadas caminos vecinales, son aquellas que van de un poblado a otro; y uniendo un poblado con un punto cualquiera de una vía de comunicación.

Eventualmente, pueden considerarse también como vecinales los que partiendo de una vía de comunicación dan acceso a zona de interés turístico o social, aun cuando estas no constituyan precisamente centros de población. Estos caminos son necesarios para cualquier sistema de transporte que de servicio al público en estas zonas rurales con el fin de mejorar el flujo de bienes y servicios, para ayudar a promover el desarrollo, la salud pública, la educación, como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales, llegando de esta manera a mejorar las condiciones de vida de los pobladores e incrementando la productividad de la zona.

Actualmente en la comunidad de Obrajes existe un camino de herradura en condiciones mínimas de funcionamiento radios de curvatura pendientes ancho de berma derecho de vía peraltes, no existen obras de drenaje, al margen de que no se cuenta con un diseño estructural. El mantenimiento que recibe esta vía es dado por comunarios y transeúntes siendo rustico y precario.

1.2 JUSTIFICACION.

Con el presente proyecto se pretende brindar un documento técnico que permita el mejoramiento del diseño geométrico y estructural del camino principal de la comunidad de Obrajes, ya que el camino actual no presenta las condiciones mínimas de funcionamiento.

El progreso de la comunidad, radica básicamente en la transitabilidad y la interconexión a un sistema vial, paralelamente a la actividad económica principal de la región.

Este proyecto nace como necesidad del Diseño Final para la construcción del camino que surge como necesidad de desarrollo integral y productivo de los comunarios, mediante la implementación de un mejoramiento del diseño geométrico y estructural en el camino principal de la comunidad de Obrajes, que corresponda a una de las necesidades básicas de la población, como es la comunicación. La actividad económica principal de la zona se basa en la pequeña agricultura, pequeña ganadería como así también a la apicultura. Gran parte de esta población se traslada diariamente a sus fuentes laborales, de formación, atención integral; por lo que es de mucha importancia contar con un camino adecuado que cumpla con las condiciones de un buen funcionamiento.

En el presente estudio se considero realizar solo curvas circulares simples con el fin de mantener el trazo actual del camino, considerando la topografía del lugar la velocidad del proyecto donde es baja, viendo así que las curvas circulares son fáciles de ejecutarlas y realizarlas, así mismo no requieren de mucho espacio y se adecuan a la forma del terreno.

Es preciso contar el Diseño del Mejoramiento Geométrico y Estructural del camino principal de la comunidad de Obrajes, debido al permanente crecimiento de la población en la zona urbana de Tarija, ya que este tramo limita con la zona rural de la provincia Méndez.

Es una ruta turística muy importante, parte de la campiña tarijeña, constituyendo parte del camino las Tipas el que se utiliza para dar mantenimiento al acueducto del Rincón de la Victoria y Tabladita.

1.3. ALCANSE DEL PROYECTO.

La descripción fisiográfica del tramo “Puente Obrajes- Puente el Paraiso” estará definido por la ubicación geográfica que corresponderá a una descripción en el ámbito departamental, y provincial.

La comunidad cuenta con una determinada población y un aporte económico al departamento, estos datos estarán expuestos en los aspectos económicos y sociales, obtenido mediante la elaboración propia.

El capítulo de aspectos técnicos de ingeniería es la parte fundamental de este proyecto se recopilaran datos de campo como también se generan parámetros de diseño de acuerdo a las normas y manuales de nuestro país, fundamentado por la teoría.

El reconocimiento se realizará de manera personal en toda la longitud del tramo, observando los detalles característicos de la zona como: suelo, cursos de naturales de agua, vegetación.

Una vez realizado el reconocimiento se definirá el eje preliminar que estará definido por el eje actual del camino, se definirá el P.I. de cada curva y los puntos intermedios que estarán ubicadas a cierta distancia donde se ubicará equipo topográfico, a partir de éstas se realizará un levantamiento detallado de puntos a ambos lados del eje.

Se efectuará un muestreo de suelos a lo largo del tramo con pequeñas excavaciones tratando que éstas reflejen las características del terreno, para posteriormente realizar ensayos de laboratorio (limites de AATERBER, granulometría, Compactación, CBR) para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

El estudio de tráfico que contempla un aforo de vehículos en lugar estratégico de acuerdo a sus características físicas como el peso: trafico liviano, trafico mediano, tráfico pesado esto servirá además para realizar un análisis y cálculo de ejes equivalentes.

El Diseño geométrico está referido exclusivamente a un mejoramiento de diseño considerando el camino actual y las limitaciones, respetando así la propiedad privada.

Se trabaja en la planimetría en perfil longitudinal y luego proseguir con las secciones transversales tomando en cuenta el ancho de calzada taludes para posteriormente realizar el cómputo volumétrico que corresponda al movimiento de tierras calculando el área y el volumen más su diagrama de masa respectivo.

De acuerdo a datos hidrológicos se realizara un análisis de los mismos para posteriormente determinar el caudal máximo que transitan por los cauces naturales, las cuales servirán para el diseño hidráulico de las obras de artes. Realizando el diseño estructural para las alcantarillas de cruce tipo cajón.

El diseño estructural establecerá el dimensionamiento de los espesores de las capas que conformaran la estructura de soporte para pavimento flexible, aplicando el método AASHTO.

Se determinara el precio referencial del proyecto en estudio, a través del análisis de precios unitarios con materiales disponibles en el mercado.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Realizar el Diseño Final del Mejoramiento Geométrico y Estructural con referencia al trazo actual del tramo Puente Obrajes – Puente el Paraiso, considerando una proyección del tráfico para 15 años, tomando en cuenta las especificaciones de la norma para el diseño geométrico de carreteras para este tipo de caminos, según el Manual de la ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS (ABC).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realizar un reconocimiento del área objeto de estudio.
- Ejecutar el levantamiento topográfico a lo largo del eje preliminar que en este caso será el camino actual, con el fin de obtener las coordenadas y elevaciones del terreno.
- Realizar los ensayos de: Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Granulometría, Compactación y CBR, para establecer la caracterización de los materiales y sus propiedades físico-mecánicas para el tramo estudiado.
- Se realizara aforos de los vehículos que circulan en el área de proyecto, para obtener el tráfico promedio diario.
- Determinar los parámetros de diseño geométrico de acuerdo al el Manual de la Administradora Boliviana de Caminos (ABC).
- Realizar el diseño geométrico de la planimetría del camino, de tal manera que se ajuste a los parámetros de diseño.
- Cuantificar el movimiento de tierras que origine el nuevo diseño geométrico hasta determinar el diagrama masa.
- Establecer las variables hidrológicas necesarias para tomar en cuenta en el dimensionamiento de las obras de drenaje.

- Determinar las dimensiones para las obras de drenaje necesarias, de acuerdo a los caudales determinados en cada obra en particular del tramo en estudio.
- Efectuar el diseño de espesores que conforma la estructura de soporte para pavimento flexible, aplicando el método AASTHO.
- Determinar en forma técnica los precios unitarios para cada una de las actividades que intervienen en el mejoramiento del diseño geométrico y estructural del camino.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO

2.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La Comunidad de Obrajes, pertenece a la provincia Cercado del departamento de Tarija, se encuentra ubicada a 9 Km de la ciudad de Tarija con una altitud de 1875m.s.n.m.

Limita al Norte con la comunidad de Tomatitas y la Victoria, al Sur y Oeste con Tabladita, y al Este con el barrio Unión, el Paraíso y Juan Pablo II.

FIG.2.1

División Política de Tarija



FIG.2.2

Provincia Cercado



2.2 CARACTERISTICAS DE LA REGION

- **Lenguajes que habla la población**

En cuanto a los idiomas que se habla en la población de Obrajes se puede constatar que debido a que la mayoría de los habitantes son nativos, el lenguaje que hablan es el español (castellano).

También se puede evidenciar que en una mínima proporción los pobladores hablan quechua, esto se debe a que son personas que vinieron de las zonas andinas y conservaron su lenguaje nativo.

- **Número aproximado y tamaño promedio de las familias**

Si bien no existen datos exactos en el INE acerca de la cantidad de familias en esta zona, es importante destacar el trabajo de los maestros de la Unidad Educativa de Obrajes. Quienes en cada inicio de gestión realizan un censo en la población para tener información acerca de la cantidad de niños y niñas que existen por familias para así obtener datos que ayuden a programar las actividades escolares por año.

Según datos proporcionados por los maestros de la mencionada Unidad Educativa se puede decir que la cantidad de familias es de 155, y los integrantes por cada familia es de aproximadamente cuatro a cinco personas.

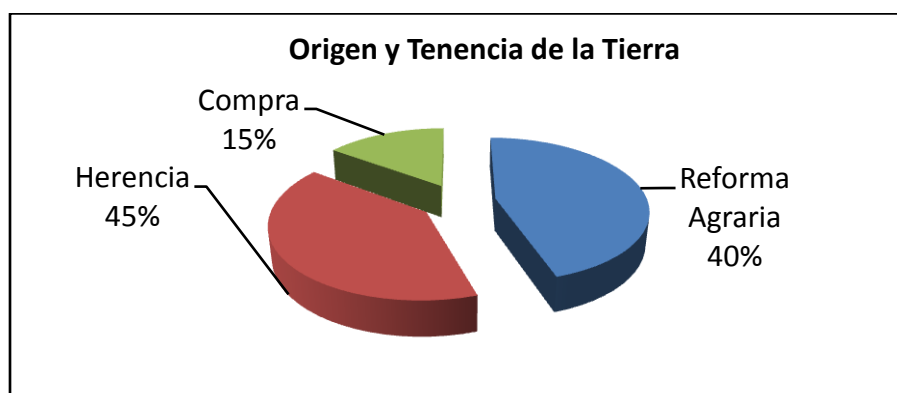
2.3 ASPECTOS ECONOMICOS

▪ TENENCIA DE LA TIERRA

En el área de influencia del Proyecto, según relato de los comunarios en un mayor porcentaje la tierra la obtuvieron por herencia propia o directa de sus antepasados, en tanto que en otro significativo porcentaje fue adquirida a través de la reforma agraria quedando un mínimo porcentaje por compra.

Como se puede observar en el siguiente gráfico los porcentajes de la tenencia de la Tierra es el siguiente.

Cuadro N° 2.1



Fuente: Encuesta Realizada en la Comunidad de Obrajes (Elaboración Propia)

Haciendo una descripción acerca de la cantidad de tierras existentes en el área de influencia del proyecto, se puede indicar que existen aproximadamente 2.750 hectáreas, de las cuales 312 hectáreas, son cultivadas a riego (cabe indicar que el agua que es utilizada para el riego, es conducida a través de acequias y canales de riego desde la afluencia del río Guadalquivir) en tanto que otras 150 hectáreas son cultivadas a temporal(es decir que son tierras usadas o cultivadas solo en época de lluvias, dado que las mismas no se encuentran al alcance de las sequias y canales de riego debido a que su situación geográfica no es apta para la misma ya se encuentran en zonas altas donde es difícil acceder a los canales de riego).

Por último, las restantes hectáreas son utilizadas por los comunarios para la actividad de pastoreo y reforestamiento.

▪ **PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

La actividad económica se ha basado históricamente en la pequeña agricultura, pequeña ganadería, y recientemente se dio un fuerte impulso a la actividad apícola.

FIG. N° 2.1

Extracción de la miel (Apicultura)



Entre los principales productos que se cultivan en la zona, se pueden indicar; maíz, papa, tomate, cebolla, zanahoria, y otras legumbres.

Por otra parte, entre los principales tipos de ganado que se crían en el área de influencia del proyecto, se tiene, bovino, porcino, caprino, aves y a la apicultura.

FIG. N°2.2

TIERRAS DE CULTIVO (COMUNIDAD DE OBRAJES)



Fuente: Propia

Cabe resaltar que desde hace tres años en el mes de noviembre se viene realizando la Feria de la Miel y sus Derivados, esto con el apoyo de los comunarios y de las instituciones municipales, prefecturales y la Dirección Municipal de Fomento al Turismo.

La comunidad de Obrajes es una ruta turística muy importante, parte de la campaña tarijeña, debido a su ubicación cercana a la localidad de Tomatitas y a la zona de Aranjuez, donde se encuentra el reconocido Hotel Los Parrayes.

FIG N° 2.3

Hotel los Prrales



2.4 ASPECTOS SOCIALES

2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIALES

- **Rol de los varones y mujeres dentro de la comunidad**

El rol de los hombres y mujeres dentro las comunidades rurales son compartidas, puesto que la mujer asume un papel importante en la cooperación de llevar adelante las actividades tanto agrícolas como ganaderas ayudando mutuamente al hombre.

El rol de los varones, como en todas las comunidades rurales, es de atender y cultivar las tierras, realizar las labores culturales de las tierras desde el inicio en que se siembra hasta la cosecha del último producto, cuidado de animales, etc.

Los roles de las mujeres, son más que todo domestico, pero no debemos dejar de lado que en todo momento está ayudando al hombre en todo el proceso de producción, sin descuidar sus actividades en la casa. Por otro lado es menester indicar que en la comunidad de obrajes existe una buena organización por parte de las mujeres tanto así que cuentan con un Centro de Madres donde se realizan diferentes actividades dirigidas a la capacitación de las

mismas. Entre las principales actividades que realizan las mujeres a nivel colectivo está la producción de la miel, la que se realiza con gran éxito desde hace cinco años atrás.

2.5 SERVICIOS BASICOS EXISTENTES

▪ Servicios Agua potable

Los servicios de agua potable en el área de influencia del Proyecto son aceptables, ya que del total de familias en su gran mayoría cuentan con agua con este servicio, en un reducido porcentaje algunas familias no cuentan con dicho servicio, debido a que consumen agua de pozo.

▪ Servicios de Electricidad

Con respecto al servicio de energía eléctrica, toda la comunidad goza del mismo ya que recientemente se culminó con un proyecto del tendido eléctrico realizado por parte de SETAR, dicho proyecto permitió que el cien por cien de las familias que antes no tenían acceso a este indispensable servicio, ahora cuenten con el mismo.

▪ Servicios Educación

La comunidad de Obrajes cuenta con un centro educativo a nivel primario.

3.6 DESCRIPCION FISIOGRAFICA

El área de proyecto presenta una topografía accidentada, ondulada con fuertes pendientes debido a que gran parte del área se encuentra emplazada al pie de la cordillera de Sama.

El relieve topográfico de la zona es típico del valle central de Tarija y de las nacientes de la cordillera, con micro-valles al lado de las riveras de Rio Guadalquivir.

2.7 DESCRIPCION HIDROGRAFICA

En el área de proyecto se encuentran dos quebradas formando a su vez tres micro-cuentas sus límites están formados por divisorias de aguas que las separan por zonas adyacentes pertenecientes a otras micro-cuencas, su tamaño está determinado por las características geológicas del lugar que aportan sus aguas a determinadas progresivas, donde es necesario el emplazamiento de estructuras de drenaje.

CAPITULO III

ASPECTOS TECNICOS DE INGENIERIA

3.1. ESTUDIO TOPOGRAFICO

En la construcción de un camino se trata siempre de que la línea quede alojada en terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservándola dentro de la ruta general.

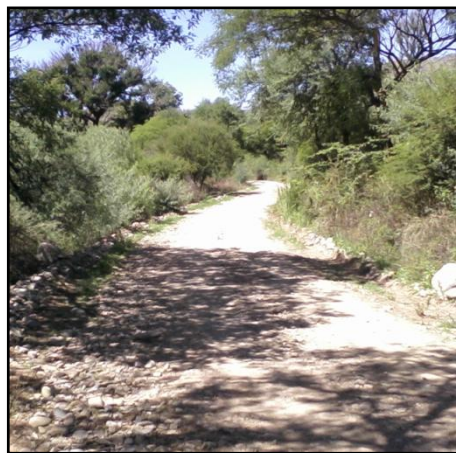
Esto no es siempre posible por la topografía de los terrenos y así cuando llegamos al pie de una cuesta, la pendiente del terreno es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar la ruta.

3.1.1. RECONOCIMIENTO DEL CAMINO ACTUAL

El reconocimiento tiene por objeto examinar el relieve terrestre de determinada zona, con el propósito de fijar puntos obligados que son puntos topográficos técnicos, como ser paso de quebradas, y los puntos sociales o políticos. Tomando como base de referencia el camino actual de la Comunidad de Obrajes.

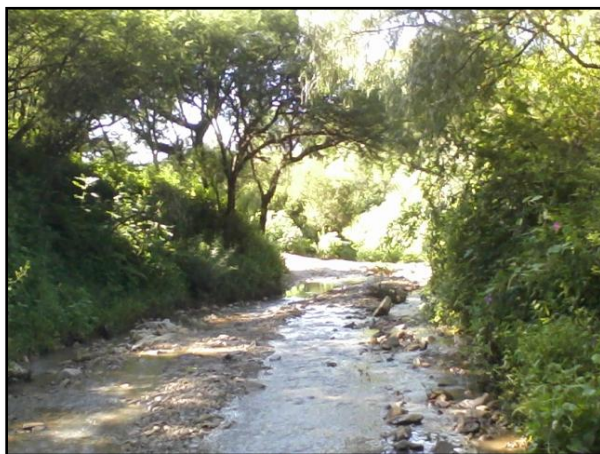
FIG N° 3.1.1

Camino Actual (comunidad de Obrajes)



Fuente: Elaboración propia

FIG. N° 3.1.2
Quebrada (Punto obligado)



Fuente: Elaboración propia

Como puntos sociales se aprecia la existencia de una iglesia, escuela seccional además de las casas de los comunarios, dispuestas a lo largo de la vía actual

FIG. N° 3.1.3
Unidad Educativa de Obrajes (Punto sociales)



Fuente: Elaboración propia

FIG. N° 3.1.4

Iglesia de la comunidad de Obrajes



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. POLIGONAL DE ESTUDIO

La poligonal de estudio de este proyecto tiene como base el camino actual con pequeñas variaciones que se puede apreciar de mejor manera en una imagen satelital que ayudará a tener una mejor visualización para realizar el levantamiento topográfico, y el trazo de diseño.

FIG. N° 3.1.4 Imagen satelital (Google Hear)



3.1.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Los instrumentos empleados para el levantamiento son los siguientes:

- ✓ Estación total y sus componentes
- ✓ GPS
- ✓ Material complementario (cinta métrica, estacas, pintura y pincel)

▪ **Procedimiento en campo**

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración actual del terreno para representarlos posteriormente en un plano las características (curvas de nivel)

Como primer paso antes de realizar el levantamiento topográfico es necesario conocer las coordenadas del punto de partida, a través de un GPS estacionario, se obtiene las coordenadas, longitud, latitud y la altura (X, Y, Z), mismas que se irán arrastrando a todos los puntos consecuentes.

Con el punto de partida definido se instaló la estación total, refrenciando el punto de estación con una estaca.

El equipo debe de estar correctamente nivelado para poder obtener datos precisos del terreno real.

Referenciado el punto de partida se procedió a realizar el *Levantamiento topográfico* a lo largo de la faja aproximadamente de 20 metros de ancho tomando en cuenta los detalles que se encuentran al margen del mismo; mientras mayor sea la faja del terreno, se tendrá una mejor apreciación del terreno.

▪ **Procedimiento en Gabinete**

El trabajo de gabinete consiste en el procesamiento de la información obtenida del levantamiento topográfico, el cual consiste en transferir los datos de la Estación Total al computador, en el formato de block de notas (csv), u otro conocido para posteriormente, ingresar los datos al programa de el Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop, dicho programa por medio de la triangulación genera las curvas de nivel, configurando una distancia de separación de un metro entre cada curva de nivel.

Las curvas nivel son la representación grafica del terreno, las mismas ayudan a definir el trazo del camino.

La descripción y las coordenadas de los puntos topográficos (Cogo) obtenidos en el levantamiento se muestran en ANEXO de este proyecto.

3.2. ESTUDIOS DE SUELOS

El estudio de suelos es un factor muy importante, que indica las características técnicas de conformación de los suelos, a través de la toma de muestra de suelos en la extensión del camino de la Comunidad de Obrajes, con la finalidad de realizar los diferentes ensayos de laboratorio, para determinar sus características y su clasificación mediante métodos de laboratorio.

FIG. N° 3.2.1

Perfil litológico (comunidad de Obrajes)



Fuente: propia

3.2.1. TOMA DE MUESTRAS

Para obtener las muestras de suelo se procedió a la perforación de hoyos con una profundidad de 50 cm. para conseguir muestras que representen las características y propiedades actuales del terreno.

Las muestras fueron extraídas cada 500 m, de separación, una vez obtenidas se colocaron en bolsas plásticas, conservando así su humedad natural.

FIG. N°3.2.2

Toma de muestra



Fuente – Propia

3.2.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

El conocimiento de la humedad natural de un suelo permite estimar su posible comportamiento, como subrasante.

Para determinar el contenido de humedad se toma una pequeña proporción de la muestra, se la coloca en una capsula determinando su peso. Después se lo coloca en el horno durante de 24 hrs, luego de ello se pesa capsula con el suelo seco.

El contenido de humedad del suelo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de Humedad}(\%) = \frac{\text{Peso perdido de la muestra} * 100}{\text{Peso de la muestra seca}} \quad \text{Ec: 3.1}$$

3.2.3. GRANULOMETRIA

La granulometría determina cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelo. La interpretación de la granulometría es necesaria para identificar el tipo de suelo y establecer su clasificación dentro de uno de los sistemas de clasificación convencionales.

Tamaño de las partículas:

- Gravas → > 2mm
- Arenas → 0.06 – 2mm
- Limos → 0.002 – 0.06mm
- Arcillas → < 0.002mm

La granulometría de las diferentes muestras fue realizada mediante el procedimiento del tamizado manual (ASTM D422 –AASHTO T88), los tamices empleados para el ensayo son: 2", 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200.

3.2.4. LIMITES DE AATERBEHG

Los límites de Atterberg o de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

Los límites se basan en el concepto de que un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua, poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

3.2.4.1. Limite Plástico

El límite plástico, es el contenido de humedad que tiene el suelo en el momento de pasar del estado plástico al semisólido.

Esta humedad deberá permitir amasar rodillos de este suelo en un diámetro de 3mm, aproximadamente y 10cm, de longitud, sin que presente signo de ruptura.

3.2.4.2. Limite Líquido

El Límite Líquido de un suelo es aquel contenido de humedad bajo el que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la maquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12mm (1/2"). Si el numero de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (peso agua /peso del suelo seco) corresponde al Límite Líquido.

3.2.4.3 Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad de un suelo es el campo de humedad, expresado como porcentaje del peso del suelo seco, dentro del cual el suelo permanece plástico. Es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico.

El índice de plasticidad se expresa de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP \quad Ec: 3.2$$

Donde:

IP = Índice de Plasticidad

LL= Limite Líquido

LP= Limite Plástico

Cuando el Limite Plástico no pueda ser determinado o cuando sea igual o mayor que el Limite Líquido se indicara el índice plástico como NP (No Plástico).

3.2.5. CLASIFICACION DE SUELOS

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carretera son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de clasificación de suelos (S. U. C. S).

3.2.5.1. CLASIFICACION SEGÚN AASHTO

La clasificación de las muestras tomadas de los diferentes puntos a lo largo del camino se la realiza por separado bajo la tabla de clasificación de la AASHTO, en la función a la granulometría, limite líquido y al índice de plasticidad dando como resultado lo siguiente:

$$IG = (P - 35) * [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) * (IP - 10) \quad Ec: 3.3$$

Donde:

F = % Pasante N° 200 (Numero redondo).

Si: IG = Es negativo reportar = 0.

IG → Siempre es número redondo.

El índice de grupo es útil para determinar la calidad relativa del suelo como material de construcción.

La clasificación de los suelos según el método AASHTO, se encuentra en ANEXOS.

3.2.5.2. CLASIFICACION SEGÚN SUCS

La clasificación se realizó en base a la tabla que este método proporciona la que se encuentra en ANEXOS. Se basa en la granulometría, Límite Líquido y el índice de Plasticidad del suelo.

La clasificación de los suelos según el método SUCS, se encuentra en ANEXOS.

3.2.6. COMPACTACION

La compactación es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos.

La compactación realizada a las diferentes muestras bajo el método del Proctor Modificado (ASTH D422 AASHTO T180), consiste en la determinación de la densidad máxima seca de las muestra bajo cierto contenido de humedad, obteniéndose así diferentes tipos de densidades en función al tipo de suelo.

El peso del suelo seco es obtenido a través de la siguiente ecuación:

$$W_{SS} = \frac{W_{SH}}{(100 + W)} * 100 \quad Ec: 3.4$$

Donde:

W_{SS} = Peso del suelo seco (Kg)

W_{SH} = Peso del suelo humedo (Kg)

W = Contenido de humedad (%)

Densidad del suelo seco:

$$\gamma_D = \frac{W_{SS}}{V} \quad Ec: 3.5$$

γ_D = Densidad del suelo seco (kg/cm³)

W_{SS} = Peso de suelo seco (kg)

V = Volumen de la muestra (cm³)

Los resultados de la compactación se encuentran en la parte de ANEXO.

3.2.7 RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles.

Relación de Soporte California (ASTM D1883 AASHTO T - 193) para realizar este ensayo en el laboratorio se utiliza como complemento la compactación T-180, realizando así tres ensayos de CBR con una humedad optima pero bajo diferentes números de golpes correspondiendo a 12, 25, 56 golpes para posteriormente sumergirlo en agua durante 4 días Ya obtenida su expansión, se hace correr los CBR leyendo el extensómetro que lee la deformación del anillo para diferentes penetraciones siendo las más importantes 0,1” y 0,2” para cada tipo de suelo que pertenecen a la subrasante y a los materiales de banco (Rio de San Mateo).

El CBR que se considerara en este proyecto para el diseño del paquete estructural sera el 95% de la densidad máxima al que le corresponderá cierto valor CBR.

La ecuación del anillo de 6000lb de capacidad usada en el laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

$$y = 7,33 * x + 25,1 \quad Ec: 3.6$$

Donde:

y = Carga de ensayo (lb)

x = Deformación (mm)

$$q = 0.07031 * \frac{y}{A} \quad Ec: 3.7$$

Donde:

q = Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

y = Carga de ensayo o ecuación del anillo (lb)

A= Área del pistón 3 pulg² (cm²)

$$CBR_{0.1} = \frac{q}{70.31} * 100 \quad Ec: 3.8$$

$$CBR_{0.2} = \frac{q}{105.4} * 100 \quad Ec: 3.9$$

Donde:

$CBR_{0.1}$ = Relación de Soporte California para 0,1” de penetración (%)

$CBR_{0.2}$ = Relación de Soporte California para 0,2” de penetración (%)

q = Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

$$exp = \frac{|Lf - Li|}{h} * 100 \quad Ec: 3.10$$

Donde:

exp = Expansión (%)

Lf = Lectura final (mm)

Li = Lectura inicial (mm)

h = Altura del espécimen (mm)

Los resultados de los ensayos del CBR, se encuentran en la parte de ANEXOS.

3.3 ESTUDIO DE TRÁFICO

Para diseñar una carretera es necesario predecir el número de vehículos para un período de diseño; parámetro que servirá para determinar el espesor de las diferentes capas que componen el pavimento flexible.

La información sobre el tráfico inicial puede obtenerse mediante medidas directas en el campo, datos estadísticos o medidas en alguna carretera con características de tránsito parecidas a las del proyecto.

Los cálculos para pronosticar el tránsito futuro, dan la pauta sobre la cual se pueden elaborar proyectos económicamente seguros, así como proporcionar la base para proyectos que satisfagan las demandas del tránsito.

Para poder realizar el aforo correspondiente se debe definir algunos parámetros de medición como ser la clasificación vehicular.

Clasificación en Función a sus Características Geométricas.

- Livianos
- Mediados
- Pesados

Clasificación por el uso que Prestan.

- **Públicos.-** Son los vehículos de uso masivo, como ser taxis, trufis, autobús.
- **Privado.-** Son de carácter exclusivo de usuarios privados automóbiles, camionetas.

3.3.1 TRAFICO PROMEDIO DIARIO (TPD)

El Tráfico Promedio Diario es el promedio aritmético de los volúmenes diarios que circulan durante un año, el mismo es un factor importante porque proporciona una idea del volumen global de la demanda, tanto para el año de habilitación del proyecto como para los años futuros.

Para obtener el tráfico promedio diario, se realizo un conteo de los vehículos que transitan por el camino de la comunidad de Obrajes, durante una semana, desde las 6:00am hasta 19:00pm.

FIG. N° 3.2.3

Ubicación de la Estacion de Aforo



Fuente: Elaboracion propia

FIG. N°3.2.4 Circulación de vehículos



TRAFICO NORMAL

Es el tráfico obtenido mediante los aforos realizados antes del estudio, el mismo que es el promedio volumétrico diario, llamado también TPD. El mismo se encuentra en la parte de anexos.

TRAFICO GENERADO

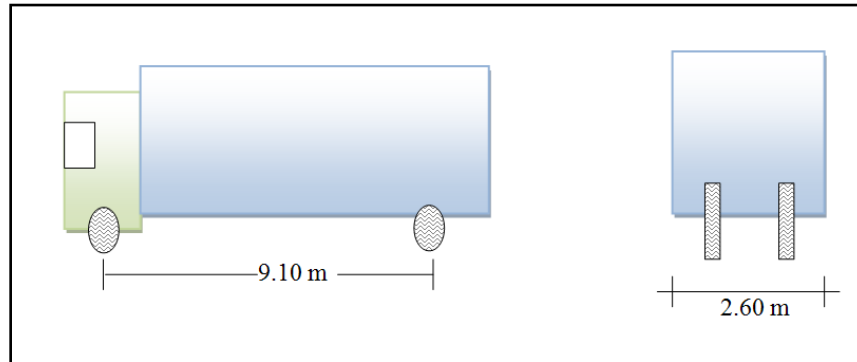
Este tráfico se presenta inmediatamente después que se descubre las condiciones favorables que ofrece el camino nuevo o mejorado, atribuyéndole la facilidad al acceso, conveniencia, atracción en algunos casos ahorro de tiempo de viaje. En el presente proyecto de se asume el valor de 5% del tráfico normal.

3.3.4 VEHICULO TIPO

El tipo de vehículo que se adopto según la “Norma de Servicio Nacional de Caminos” y de acuerdo a las observaciones realizadas en los aforos vehiculares, así como de las proyecciones realizadas, se adopta como designación para el vehículo de diseño de tipo **CO**, que son los vehículos rígidos, compuestos por unidades tractoras simples, abarca los camiones y ómnibus comerciales normalmente de 2 ejes y de 6 ruedas. Y sus dimensiones características son iguales a:

- Ancho total = 2.60 m
- Largo Total = 9.10 m

- Radio Mínimo de rueda externa 12.8 m
- Radio mínimo de rueda interna trasera 8.70 m.



3.3.6 CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

El flujo vehicular que circula en la comunidad de Obrajes se clasifica en liviano y mediano, debido al daño que producen los vehículos de diferentes pesos al pavimento, el cálculo de ejes equivalentes denominado ESALs (Equivalent Simple Axial Load), se obtuvo a través de los aforos realizados de acuerdo a su peso, se transforma los ejes de diferentes pesos a un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 Kips.

Este parámetro de diseño denominado ESALs es de vital importancia en el método propuesto por la AASHTO de diseño de pavimentos.

- **Conversión de tránsito en ESALs**

El tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirán el mismo daño que toda la composición del tránsito. Esta carga según AASHO es de 80 KN o 18 kips. La conversión se lo hace a través de los factores equivalentes de carga LEF (“load equivalent factor”).

- **Factor equivalente de carga**

EL LEF, es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una dada carga de un tipo de eje o la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes de que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

El factor de carga equivalente se obtiene de la tabla N° 3.3.2, asumiendo un número estructural, considerando también el índice de serviciabilidad final. Con estos dos parámetros se determina el LEF, para cada tipo de vehículo.

- **Factor de Camión:**

El factor de camión es definido como el número de ESALs por vehículo según lo establece en el manual de la AASTHO 97 Diseño de pavimento.

Para tener más exactitud el factor de camión se computado para cada clasificación general de camiones.

$$TF = \frac{N^{\circ} \text{ ESALs}}{N^{\circ} \text{ camiones}}$$

- **Transito de diseño:**

$$\text{Transito de diseño} = \text{volumen diario} * \text{factores de crecimiento} * 365$$

Tabla N° 3.3.1 Factores de Crecimiento de Transito

Periodo de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		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	19.16	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
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Tabla D-20 AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1,993

Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-97)

Tabla N° 3.3.2 Factores Equivalentes de carga para pavimento flexible

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-97)

3.4 DISEÑO GEOMETRICO

El diseño geométrico de una carretera se constituye en la parte más importante de un proyecto vial, estableciendo, en base a las condiciones y factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto que supone, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su entorno, economía y elasticidad de la vía.

3.4.2 CATEGORIA DE LA VIA

De acuerdo con las características topográficas los terrenos se clasifican en:

- *Terreno Llano.*- Esta constituido por amplias extensiones libre de obstáculos, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado.

El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes.

- *Terreno Ondulado.*- Esta constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes.
- *Terreno Montañoso.*- Esta constituido por cordones montañosos, en las cuales el trazado salva desniveles considerables, En consecuencia el empleo de elementos de características mínimas será más frecuente y obligado.

❖ Definición conceptual de las categorías:

- *Autopista (O).*- Son carreteras nacionales, destinadas a servir al tránsito de paso que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de emplazamiento elevadas.
- *Autorrutas (IA).*- Son carreteras nacionales a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos

tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de carretera.

- *Carreteras primarias (I.B).*- Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también para un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.
- *Caminos colectores (II).*- Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo.

Caminos locales (III).- Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la adyacente.

- *Caminos de desarrollo.*- Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y a tracción animal. Sus características corresponden a las mínimas consultadas para los caminos público

TABLA: N° 3.4.1

Características Típicas de las Carreteras y Caminos según la Clasificación Funcional

		CARRETERAS			CAMINOS		
CATEGORIA		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
Velocidad de Proyecto (Km/h)		120 - 100 - 80	100 - 90 - 80	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	70 - 60 - 50 - 40	50 - 40 - 30
Tipo de Terreno		LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al Transito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de transito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de transito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehículos	Control parcial de acceso		Consideración principal	
CONEXIONES	Se conectan con	Autopistas Autorrutas Primarios (colectores)	Autopistas, Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorrutas Prima. Colectores Locales	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directos)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años iniciales Año horizonte	A.B C	B (2) C.(D)	B C.(D)	C (2) (D)	No aplicable	
	Tipo de flujo	Libre Estable	libre Estable (Prox. Inestable)	libre Estable (Prox. Inestable)	Estable con restricciones (Próximo estable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Velo. Operación (1) (3) según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volúmenes Típicos de transito al año inicial TPDA	UD > 10,000 CONFIRMAR FAC. ECONOMICA	UD > 5.000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD. Caso especial	Transito y composición variable según tipo de actividades Agrícola, Minera Turística	
	Tipo de vehículo	Vehículo diseñado	vehículos motorizados	vehículos motorizados	todo tipo de vehículos	vehículo liviano y camiones medianos	

Fuente: Manual Administradora Boliviana de Caminos (ABC)

Existen restricciones en los parámetros de diseño en algunas progresivas definidas debido a la topografía y a la geometría del camino actual. De acuerdo a los parámetros establecidos por el Manual de la Administradora Boliviana de Caminos (ABC), se ha determinado la categoría del camino en estudio como **Local (III)**.

3.4.3 VELOCIDAD DE PROYECTO

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y confort, esta velocidad se emplea para efectos de la clasificación funcional para diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera.

La función de la carretera y la topografía del terreno de emplazamiento de la obra generalmente dictaminan la velocidad del proyecto y el costo de la infraestructura.

Tabla N° 3.4.2

Velocidades Referenciales de Proyecto

CATEGORIA		VELOCIDAD (Km/hr)
CAMINO LOCAL (III)	Llano a Ondulado medio	70
	Ondulado fuerte	60
	Montañoso	50 - 40

Fuente: Manual de diseño geométrico del ABC.

De acuerdo a la topografía montañosa se ha definido una velocidad de proyecto igual a 40km/hr.

NOTA: Ver (CAPITULO - 1 Acápite 1-5 CONTROLES BASICOS DE DISEÑO “MANUAL ABC”)

Tabla N° 3.4.3

Clasificación funcional del camino vecinal “Obrajes”

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDAD DE PROYECTO	CODIGO TIPO
		No. CARRILES	No. CALZADAS		
Local	(III)	2 BD	1	40 km/hr	L(2)-40

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 DERECHO DE VIA

El derecho de vía se refiere a la faja de terreno dentro de la cual se alojan una vía de comunicación y sus servicios auxiliares y cuya anchura mínima absoluta es de 25m a cada lado del eje de la vía; adoptando dicho valor para el camino principal de la comunidad de Obrajes.

3.4.5 PARAMETROS GENERALES

- **COEFICIENTE DE FRICCION TRANSVERSAL**

El coeficiente de fricción transversal es calculado mediante la siguiente expresión:

$$f = 0,265 - \frac{V}{602,4}$$

Donde

V = velocidad en km/ hr.

Aplicando la ecuación anterior (ver tabla 2.3-3 del Manual de Diseño Geométrico) se obtiene un valor de **f = 0,198**, para la velocidad de proyecto.

- **PERALTE**

El peralte es la inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva, debido a esto el vehículo sigue una trayectoria de un recta o tangente y pasa a una curva, donde durante su trayectoria aparece la fuerza centrífuga que origina peligros de estabilidad del vehículo en movimiento.

El peralte de la carretera es calculado conforme a las expresiones indicadas en la tabla No. 3.4.4 para los diferentes rangos de radios sugeridos en la normativa (referirse a la figura 2.3-2 de la norma de la ABC).

Tabla: N° 3.4.4

Determinación del peralte

RADIO (m)	PERALTE
$25 \leq R \leq 350$	7,0
$350 < R \leq 2.500$	$7 - 6.08(1-350/R)^{1.3}$
$2.500 < R \leq 3.500$	2
$3.500 < R$	Igual al bombeo

Fuente: Manual de Diseño Geométrico, “ABC”

El peralte máximo adoptado para el radio mínimo de 50m será por lo tanto $e = 7,0 \%$.

3.4.6 TRAZADO EN PLANTA

El alineamiento horizontal deberá proporcionar en todo el trazado a lo menos la distancia mínima de visibilidad de frenado.

- **Longitud máxima en rectas**

Deben evitarse longitudes de rectas mayores al valor calculado con la siguiente expresión:

$$L_r = 20 \cdot V_p \quad \text{Ec: 3.4.1}$$

Donde L_r es el largo del tramo recto en metros y V_p es la velocidad de proyecto en km/hr.

Aplicando la ecuación se obtiene para el proyecto un **$L_r = 800\text{m}$** .

- **Longitud de recta entre curvas del mismo o distinto**

Se debe distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curvas en “S” de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido

a. Curvas en S

Deberá alcanzar o superar los mínimos que se señalan en la Tabla siguiente, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto:

Tabla N° 3.4.5

Longitud máximo de recta

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente: Manual de diseño geométrico, “ABC”

b. Curvas del mismo sentido

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivas cortas entre curvas en el mismo sentido. La tabla entrega los valores deseables mínimos según al tipo de terreno y de acuerdo a la velocidad de proyecto Vp

TABLA: N° 3.4.6

LR MIN entre Curvas del Mismo Sentido

Vp (Km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
T. Llano y Ondulado	...	110/5	140/70	170/85	195/89	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Fuente: Manual de diseño geométrico, “ABC”

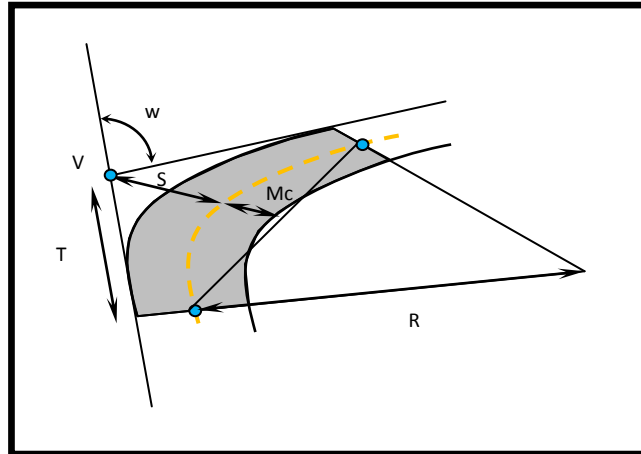
3.4.6.1 Curvas Circulares

Las curvas horizontales simples se emplean cuando:

- La topografía es muy empinada o elevada.
- En caminos vecinales, y no hay espacio para hacer otro tipo de curvas, a diferencia de las curvas de transición como ocupan mucho espacio se emplean en topografía mas planas y cuando la carretera es de primer nivel.

En el proyecto se opto por el diseño de curvas circulares simples, ya que la velocidad de proyecto es baja, y se debe de respetar la propiedad privada.

3.4.6.1.1 Elementos de la curva circular simple:



Tangente:

$$T = R * \operatorname{tang} \left(\frac{\omega}{2} \right) \quad \text{Ec: 3.4.2}$$

Externa:

$$S = R * \left(\sec \left(\frac{\omega}{2} \right) - 1 \right) \quad \text{Ec: 3.4.}$$

Flecha:

$$Mc = R * \left(1 - \cos \left(\frac{\omega}{2} \right) \right) \quad \text{Ec: 3.4.4}$$

Desarrollo:

$$D = \frac{\pi * R * \omega}{180} \quad \text{Ec: 3.4.5}$$

Longitud:

$$L = 2 * R * \operatorname{sen} \left(\frac{\omega}{2} \right) \quad \text{Ec: 3.4.6}$$

3.4.7 RADIO MINIMO

Según el manual de la ABC la aplicación del radio mínimo no es recomendable, solo sera utilizado en casos particulares, condicionado por razones técnicas o económicas.

Los radios mínimos para cada velocidad están dados por la siguiente expresión:

$$R_{min} = \frac{Vp^2}{127(e_{max} + f)} \quad Ec: 3.4.7$$

Donde:

R_{min} = Radio mínimo

Vp = Velocidad de diseño (km/m)

e_{max} = Peralte máximo correspondiente a la carretera o el camino (m/m)

f = Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp

Con los valores de las variables definidas anteriormente se obtiene un radio igual a $R_{min} = 46.90m$.

El manual del ABC propone que para terreno montañoso un $R_{min} = 50,00$ m, que es el parámetro mínimo empleado en el proyecto para las curvas circulares.

3.4.8 VISIBILIDAD, DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARAR, DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA SOBREPASO

3.4.8.1 Visibilidad

Todo diseño de un camino tiene como parámetros fundamentales la velocidad y visibilidad, esta última está relacionada con la distancia de visibilidad que requiere un vehículo en su movimiento en trayectoria curva y en trayectoria recta.

3.4.8.1.1 Distancia de visibilidad para frenar

Un vehículo en movimiento, ante la aparición de un obstáculo 0.20m de alto que es percibido por el conductor sobre la superficie del camino necesita de una distancia suficiente para detenerse compuestos por dos factores: la distancia que recorre un vehículo desde el momento en que el conductor observa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia recorrida durante el frenado.

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

$$Df = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254(f_i \pm i)} \quad Ec: 3.4.8$$

Donde:

Df = Distancia de frenado (m)

V = Velocidad de proyecto (km/hr)

t = Tiempo de percepción + Reacción (seg)

f_i = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = Pendiente longitudinal (m/m)

(+ i subidas respecto sentido de circulación. - i bajadas respecto sentido de circulación).

Tabla: N° 3.4.8

Distancia mínima de frenado en pendiente horizontal

V (km/hr)	t (s)	f_i	dt (m)	df (m)	Df (m)	
					dt + df	Adoptado
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38
$V^* = 40 + 5 = 45$	2					44
$V^* = 40 + 10 = 50$	2	0,410	27,8	24,0	51,8	52

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras “ABC

NOTA: Ver Págs. 2-6; 2-8 CAPITULO – 2 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO “MANUAL ABC”

3.4.8.1.2 Distancia de visibilidad para sobrepasso (Da)

La distancia de sobrepasso es la distancia necesaria o suficiente para que el conductor de un vehículo que va a velocidad de proyecto pueda adelantarse a otro, que circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de chocar con otro vehículo que venga en sentido contrario y que se haga visible al iniciarse la maniobra del paso

Tabla: N^o 3.4.9

Distancia mínima de adelantamiento

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/hr)	DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

NOTA: Ver Págs. 2-9; 2-17 CAPITULO – 2 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO “MANUAL ABC”

3.4.9 PEFIL LONGITUDINAL

El perfil longitudinal es la proyección del eje espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo, a este eje también se le conoce como rasante.

Al igual que el trazado en planta, el perfil longitudinal está constituido por una serie de tramos rectos de pendientes variadas que pueden ser de subida o bajada enlazadas por curvas verticales, que normalmente son parábolas de segundo grado.

El trazado en alzado está controlado principalmente por: la categoría de la vía, la topografía del lugar de emplazamiento de la obra, el trazado horizontal, las distancias de visibilidad. De acuerdo a lo establecido en el manual del ABC.

3.4.9.1 Inclinación de la Rasante

Correspondiendo a la categoría de la carretera el “Manual de Diseño Geométrico” de la Administradora Boliviana de Carreteras “ABC” establece inclinaciones máximas y mínimas para las pendientes a emplear el proyecto.

3.4.9.1.1 Pendiente Máxima

La pendiente máxima de acuerdo a la categoría de la vía se presenta a continuación:

Tabla: N° 3.4.10

Pendientes máximas admisibles de la rasante (%)

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/hr)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
DESARROLLO	10	10	9	...	...	...	...	...	-1	...
LOCAL	...	9	9	8	8	...	...	...	...	...
COLECTOR	8	8	8	...	...	...	...
PRIMARIO	6	5	4,5	...	...
AUTORRUTAS	6	5	4,5	...	...
AUTOPISTAS	5	...	4,5	...	4

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

NOTA: Ver “CAPITULO – 2, Acápites 2-64 “DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO “MANUAL ABC”

3.4.9.1.2 Pendiente Mínimo

La norma establece una pendiente mínima del orden del $P_{\min} = 0,50 \%$, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales.

3.4.9.2 ENLACE DE RASANTES

Constituyen el perfil longitudinal de la subrasante, el enlace se efectúa por medio de las curvas verticales, convexas o cóncavas, de longitud variable. Las curvas verticales se emplean para pasar gradualmente de un punto a otro en la que vamos subiendo luego bajamos, denominado cima, y en otro lo cual primero se baja y luego se sube llamado columpio.

Únicamente se proyectara curva vertical cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes sea mayor de 0.5%, ya que en los casos de diferencia igual o menor a la indicada, el cambio es tan pequeño que en terreno se pierde durante la construcción.

Existen varios tipos de curvas verticales que detallaremos a continuación:

- Por su Vértice:
 - En cima
 - En columpio
- Por su Simetría:
 - Simétricas
 - Asimétricas

El ángulo de deflexión entre dos rasante que se cortan está definida por la diferencia algebraica de las pendientes como se muestra en la siguiente expresión:

$$\theta = |i_1 - i_2|$$

Ec: 3.4.9

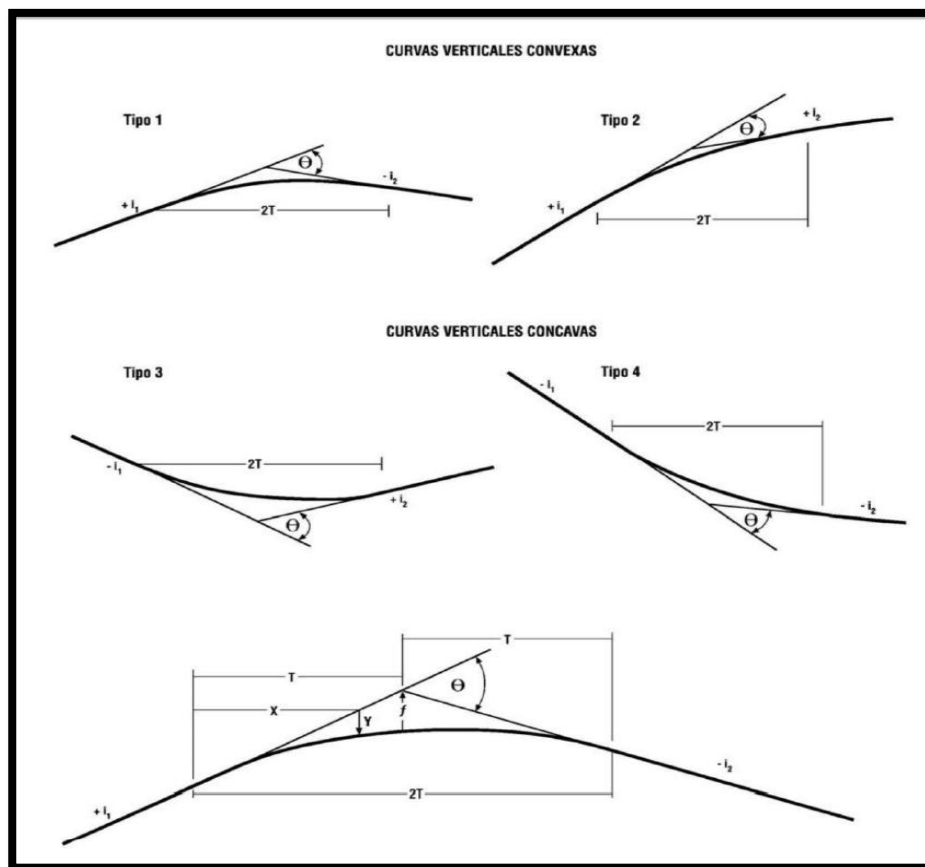
Donde:

θ = Es el ángulo de deflexión en m/m

i_1 y i_2 = Son las pendientes enlazadas en m/m

⇒ Serán positivas (+) las de subida y negativas las de bajada (-).

Grafico N° 3.2
Curvas Verticales



Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras "ABC"

3.4.9.2.1 Longitud mínima de Curvas Verticales

La longitud mínima de curvas verticales está dada por la expresión siguiente:

$$2 T \geq Vp$$

Donde: “2T” es la longitud de la curva vertical proyectada en metros y “Vp” es la velocidad de proyecto en km/hr.

Con esta condición queda establecida la longitud mínima para curvas verticales en el proyecto, siendo esta: **2T min = 40 m**.

Para el proyecto se diseñaron curvas verticales en simétricas encima y en columpio.

Replanteo de Curvas Verticales

Para la determinación de los puntos de la parábola en curvas verticales;

Sus coordenadas:

$$y = \frac{P \times X^2}{2 \times L} \quad \text{Ec: 3.4.10}$$

$$Xp = \frac{L \times G1}{G1 - G2} \quad \text{Ec: 3.4.11}$$

Donde:

P= Diferencia algebraica de pendientes de (m/m).

L= Longitud de la curva.

X=Distancia para determinar la ordenada (y).

Xp= Punto más bajo de la curva.

i_1 = Pendiente de entrada.

i_2 = Pendiente de salida.

En curvas verticales asimétricas, las ordenadas de la curva se determinan con las ecuaciones siguientes:

La deflexión máxima:

$$m = \frac{P \times L_1 \times L_2}{2 \times (L_1 + L_2)} \quad \text{Ec: 3.4.12}$$

Las ordenadas, se determina de:

$$y_1 = \left(\frac{X_1}{L_1} \right)^2 \times m \quad y_2 = \left(\frac{X_2}{L_2} \right)^2 \times m \quad \text{Ec: 3.4.13}$$

Donde:

X_1 = Distancia de la zona de entrada de la curva vertical.

L_1 = Distancia proyectada entre el PCV y el vértice.

X_2 = Cualquier distancia de la zona entrante

3.4.10 LA PLATAFORMA

La plataforma se define como la superficie visible del camino el Manual del ABC establece valores para el ancho de la plataforma en función a la categoría de la vía y de la velocidad de proyecto, como se muestra a continuación en la tabla siguiente:

TABLA N° 3.4.11

Ancho de la Plataforma a Nivel de Rasante

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho de plataforma (m)
1 – Bidireccional	Local	40	7,00 – 8,00

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

De acuerdo al manual de la ABC se adopto el ancho de **plataforma de 7m.**

3.4.11 ANCHO DE LA CALZADA

La calzada es la superficie geométrica de la sección transversal destinada a la circulación del tráfico de manera cómoda, eficiente y segura. La calzada está formada por dos o más carriles de sentido bidireccional.

Tabla N^o 3.4.12

Ancho de carril

Número de calzadas	Categoría	Vp (km/hr)	Ancho de pistas (m)
1 – Bidireccional	Local	40	3,00 - 3,50

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

De acuerdo a esta especificación el ancho de la calzada adoptada para el proyecto es de **3.5m.**

3.4.12 BOMBEO DE LA CALZADA

Se refiere a la inclinación transversal de la calzada de la carretera en los tramos rectos tiene que ver con una inclinación necesaria para el escurrimiento superficial del agua hacia las cunetas, y en el caso de los tramos curvos esta inclinación transversal está relacionada con el peralte.

La elección del valor del bombeo está determinada por el tipo de superficie de rodadura de la obra y las condiciones climáticas.

Tabla N° 3.4.13

Bombeo de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE	PENDIENTE TRANSVERSAL	
	$(I'_{10}) \leq 15$ mm/hr	$(I'_{10}) > 15$ mm/hr
Pav. De Hormigón o Asfalto	2	2,5
Tratamiento Superficial	3	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 - 3,5	3,5 - 4,0

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

3.4.13 BERMAS

Las bermas son segmentos de la plataforma que se encuentran a los lados de la calzada. La berma presta protección de la erosión e inestabilidad al pavimento y sus capas inferiores, permite la detención ocasional de vehículos, mejora la capacidad de la vía y ofrecen un espacio adicional en caso de maniobras de emergencia.

La berma para cumplir las funciones citadas debe tener un ancho constante, permanecer libre de objetos y estar convenientemente compactada.

A continuación se muestra los anchos de berma recomendados por el manual de la ABC.

TABLA N° 3.4.14

ANCHO DE BERMA

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho de berma (m)
1 – Bidireccional	Local	40	0,00 – 0,50

Fuente: Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras “ABC”

De acuerdo a lo establecido en el manual de la ABC se tomara un ancho de berma igual a **0,50m.**

3.4.13.1 PENDIENTE TRANSVERSAL EN BERMAS

El “Manual de Diseño Geométrico” del “ABC indica que independientemente del material o del tipo de pavimento de la calzada, las bermas deben mantener la misma pendiente transversal de la calzada.

Es decir que para tramos ubicados en tangente horizontal o curvas que no necesiten peralte la pendiente transversal de la berma será igual al bombeo, **b = - 2, 50 %**; mientras que en tramos curvos la pendiente transversal será igual al peralte, si el peralte es el máximo entonces la pendiente transversal de la berma será: **e = 7,00 %**.

3.4.14 SOBREALCHO DE LA PLATAFORMA SAP

El Sobreancho de la plataforma es el segmento de la plataforma que se encuentra adyacente a la berma, cuya finalidad es la confinar las capas sub base y base del pavimento, consiguiendo que el borde de la berma tenga el mismo grado de compactación especificado para las capas del pavimento, se consigue de esta manera una mayor protección contra la erosión y mejora las condiciones de estabilidad del pavimento.

TABLA N^o 3.4.15

SOBREALCHO DE LA PLATAFORMA SAP

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho SAP (m)
1 – Bidireccional	Local	40	0,50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico, “ABC”

3.4.15 ENSANCHE DE LA CALZADA EN CURVAS HORIZONTALES

El ensanche es la ampliación de la calzada que pueden requerir las curvas horizontales para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva. Esta situación se presenta en curvas de radio pequeño y mediano.

Tabla N° 3.4.16

Ensanche de la calzada E (m) permitiendo el cruce de 2 vehículos

CALZADA EN RECTA 7m (n=2) 0.35<E<3m: h1=0.60m h2=0.4m

TIPO DE VEHICULO (m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)
Camión Unid. Simple Lt =11.0*	Lo = 9.5	$(Lo^2/R)-0.2$
Bus Corriente Lt = 12.0		

Fuente: Manual ABC.

Donde:

Lo = Es el largo legal total del vehículo m

NOTA: Ver Págs. 2-34; 2-36 CAPITULO – 2 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO “MANUAL ABC”

3.4.16 SECCIÓN TIPO

La sección transversal de la vía describe las características geométricas, por lo tanto la sección transversal del camino en un punto cualquiera de este es un corte vertical normal al alineamiento horizontal influyendo en el costo de la obra como en su capacidad de transito, una sección reducida será económica y de capacidad de transito reducida por otro lado una sección transversal amplia tendrá una mayor capacidad de transito y el costo será mayor.

El ancho de la vía depende de las dimensiones máximas de los vehículos como la velocidad de los mismos siendo, así el elemento más importante de la sección transversal es la calzada.

Dimensiones Adoptadas:

a=3,5 ms (ancho carril)

Berma= 0,5 mts

Derecho de vía=25 mts

SAP= 0,5 mts

3.4.16 MOVIMIENTO DE TIERRA

El movimiento de tierras comprende básicamente el cómputo total de las áreas y volúmenes a mover en la ejecución del proyecto; para tal efecto se requiere los siguientes parámetros:

Para poder computar los volúmenes es necesario poder conocer las áreas expresadas en m², se dibuja las secciones transversales cada 20 m o estaca definida en escala horizontal igual a la vertical; estas áreas son calculadas por los métodos de:

- Método del papel milimetrado

- Método de las secciones constantes

- Método del planímetro.

- Método electrónico.

Para la determinación del movimiento de tierra, se empleo el software *Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop*, el cual permite conocer las áreas con mayor precisión, en comparación con los otros métodos.

3.4.16.1 Calculo de Volúmenes

Conocidas las áreas entre secciones transversales por medio de cualquier de los procedimientos ya indicados, se determinan los volúmenes de tierras a mover; existen 2 formas de computar volúmenes de movimientos de tierras en una vía, que son:

- Volúmenes en Recta.
- Volúmenes en Curva

Dentro del cómputo de volúmenes en proyectos definitivos; el que se emplea es el método del promedio de las áreas extremas.

Las ecuaciones que permiten determinar los volúmenes son:

- Caso Corte – Corte.

$$V_C = \frac{(A_{c1} + A_{c2}) \times L}{2}$$

- Caso Relleno – Relleno.

$$V_R = \frac{(A_{R1} + A_{R2}) \times L}{2}$$

- Caso Relleno – Corte y Relleno – Corte.

$$V_C = \frac{A_c^2 \times L}{2 \times (A_c + A_R)}$$

$$V_R = \frac{A_R^2 \times L}{2 \times (A_c + A_R)}$$

Donde:

A_R = Área de relleno en m^2

A_c = Área de Corte en m^2

L = Longitud entre estacas (20m)

V_c = Volumen de Corte m^3

V_R = Volumen de relleno en m^3

Correcciones de volúmenes

Los volúmenes ya sea de corte o de relleno se corrigen por expansión y contracción usando coeficientes que dependen del tipo de suelo.

- Se mayor los rellenos multiplicando el factor de expansión o dividiendo el factor de contracción.
- Se minora los cortes dividiendo entre el factor de expansión o multiplicando por el factor de contracción.

3.4.16.2 DIAGRAMA DE MASAS

El diagrama de masas es el estudio de las cantidades de excavación y de relleno su, compensación y movimiento. La curva masa es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las tercerías y las abscisas del encadenamiento correspondiente, el diagrama de masas se dibuja en el mismo papel donde se dibujó el perfil del terreno y se proyectó la sub rasante.

El diagrama de masas es una representación gráfica de los volúmenes acumulados en el movimiento de tierras para la conformación de una carretera; este diagrama tiene mucha importancia tanto al nivel de diseño donde se puede visualizar la mala o buena compensación que se ha realizado en la ejecución, este diagrama sirve también como un control y planificación de los trabajos de movimiento de tierras.

La distancia de libre acarreo es la distancia al que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga un pago adicional y corresponderá a 300 mts.

Tabla 3.4.17

Factor de Abundamiento

MATERIAL	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Tierra Negra	1,00 - 1,25
Material Arenoso	1,10 - 1,30
Roca Suelta	1,30 - 1,40
Roca Fija	1,40 - 1,65

Fuente: Vías de Comunicación

Tabla 3.4.18

Factor de reducción

MATERIAL	FACTOR DE REDUCCION
Tierra Negra	0,98 - 1,00
Material Arenoso	0,75 - 0,90

Roca Suelta	0,70 - 0,75
Roca Fija	0,60 - 0,70

Fuente: Vías de Comunicación

El diagrama de masas se encuentra indicado en los planos de este proyecto en anexos.

3.4.16.2.1 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 del corte variara según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados. Para el proyecto como talud de corte 1:3 (H: V)

3.4.16.2.2 Terraplén

Es el aporte o relleno de tierras en zonas de cota inferior a la prevista en proyecto. Pueden aprovecharse si son aptas las tierras extraídas de zona de desmonte.

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 alturas inferiores a 15m tendrán una inclinación máxima de 1:1,5 (H: V). Como se especifica en el manual de la ABC, en el Capítulo 3: La Sección Transversal (Acápites 3.3.3. elementos de infraestructura para la sección en terraplén, pág: 3-26)

En el caso de suelos de fundación con alto contenido de materia orgánica o muy compresible, estos deberán ser retirados o tratados según sea el problema que los afecte.

3.5 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.5.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

La información para estudio hidrológico debe ser tomada de fuentes confiables para que los resultados sean coherentes precisos y confiables. Es preciso verificar un seguimiento continuo durante el estudio sobre todo en la obtención de datos directos, los que se aplican de manera directa en los métodos de estimación de caudales.

❖ Datos específicos

- **Sobre la información hidrometeorológica**, fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología (SENAMI) que son datos medidos por las estaciones del aeropuerto y la del Tejar sobre lluvias máximas diarias y otros.
- **En la micro cuenca**, se estimó el área de aporte a la quebrada correspondiente, se calculó la longitud desde las nacientes hasta el punto de aforo respectivo a la quebrada. De igual forma se determinaron los perímetros respectivos utilizando las cartas del Instituto Geográfico Militar “IGM” y fotografías satelitales para darle al estudio una mayor precisión ya que las cartas no son actualizadas y las fotografías satelitales son mucho más actualizadas.

3.5.2 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Para la estimación de caudales la estadística ha contribuido con herramientas muy importantes y bien fundamentadas basándose en los registros de datos hidrológicos los que proyectan resultados muy aceptables para el diseño de estructuras hidráulicas.

3.5.2.1 MÉTODO RACIONAL

El método puede ser utilizado cuando existen registros hidrológicos de lluvias máximas pero tienen la limitación debido a que se debe tener por lo menos 20 años de registros, especificados con instrumentos especiales como el pluviógrafo. Estos registros, al ser insuficientes, deben de ser considerados en cada caso, con la más adecuada ley probabilística de distribución, y tener así un mejor ajuste de datos.

$$Q = \frac{C * I * A}{3.60} \quad Ec: 3.5.1$$

Donde:

Q = Caudal máximo m³/seg. Para un periodo de retorno T

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima para un periodo de tiempo tc, y un periodo de retorno T (años)

3.5.2.1.1 ESTIMACION DE LA INTENSIDAD

Puede estimarse a través de varias funciones de distribución estadísticas hidrometeorológicas.

$$I = \frac{h_{(tT)}}{tc} \quad Ec: 3.5.2$$

Donde:

htT = Altura de lluvia máxima horaria (por función de distribución)

tc = Tiempo de concentración

3.5.2.1.2 Determinación del Coeficiente de Escorrentía

La escorrentía no es más que el agua de las precipitaciones que, no se infiltra en el suelo, ni se evapora, si no por el contrario, se escurre directamente sobre la superficie del terreno.

Se conoce como flujo superficial al agua que por el efecto gravedad se dirige por donde gaste la menor energía (ley de la hidráulica de ríos) donde la pendiente del terreno es menor.

La determinación de este coeficiente “c” depende de muchos factores como tipo de cobertura en el suelo tipo de suelo, pendientes de suelo tiempo de saturación de suelo, etc.

3.5.2.1.3 Tiempo de Concentración

Es el Tiempo que tarda en recorrer una gota de agua desde el lugar más alejado hasta la salida de la cuenca en nuestro caso hasta donde queremos conocer el caudal el punto de aforo

Existen muchos autores que proponen sus formulas para el cálculo de ellas pero no todas son aplicables a nuestro medio. A continuación se presenta algunas de ellas con sus respectivos autores:

- F. ALCANTARILLAS

$$tc = \left(0.871 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad Ec: 3.5.3$$

- F. CALIFORNIA

$$tc = 0.30 * \left(\frac{L}{\sqrt[4]{J}} \right)^{0.76} \quad Ec: 3.5.4$$

– F. GIANDOTTI

$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{253 * J * L} \quad Ec: 3.5.5$$

– F.CHEREKE

$$tc = \left(0.871 * \frac{L}{H}\right)^{0.385} \quad Ec: 3.5.6$$

Donde

A = Área de la cuenca (km²)

L = Longitud del rio principal (km)

H = Desnivel de la cuenca (m)

J = Pendiente del rio principal (%)

3.5.2.1.4 Estimación de Lluvias Máximas Horarias

Para los estudios hidrometeorológicos en la ciudad de Tarija se cuenta con dos estaciones Coimata y el Tejar, a través de la función Gumbell se estima la altura de lluvia máxima horaria a partir de lluvias máximas diarias.

Función Gumbell Modificado:

$$h(t, T) = Ed * \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta * (1 + kd * \log T) \quad Ec: 3.5.7$$

Donde:

T= Periodo de retomo

t = Tiempo de concentración

Ed. = Moda ponderada

Kd = Característica

T= Periodo de retorno

β = Coeficientes

α = Coeficientes

Con el tiempo de concentración se realiza una interpolación obteniéndose la intensidad buscada que se reemplaza en la ecuación empírica en método racional y poder obtener los caudales máximos.

$$Q_{max} = \frac{C * I * A}{3.6} \quad Ec: 3.5.8$$

3.5.3 DRENAJE

Son los elementos, accesorios a un pavimento que sirven para protegerlo y garantizar la durabilidad de la estructura en condiciones optimas, evitando así el deterioro prematuro, ocasionado por las inclemencias del tiempo, pero principalmente por el agua, siendo éste el peor enemigo de las carreteras; cuando el agua se encuentra estancada ocasiona un ablandamiento de la estructura de la carretera y cuando se encuentra en movimiento ocasiona la erosión de la vía. Por los motivos antes expuestos surge la necesidad del drenaje, que se puede definir como la técnica para controlar el movimiento de las aguas superficiales y subterráneas, con la finalidad de que no afecten la estructura de la carretera, evacuándolas lo más rápido posible de la vías por medio de obras de drenaje como las cunetas, alcantarillas y cunetas de coronación que permitirán captar el agua, encausarla, desviarla o extraerla de la carretera.

- **Drenaje superficial.-** se refiere al sistema para dar salida al agua que fluye por la superficie, tanto de la propia carretera como del terreno adyacente. Ésta, debe ser

encauzada de forma que no se produzcan daños a la carretera ni peligro para el tráfico, ni a las personas.

- **Drenaje subterráneo:** sistema para controlar el flujo del agua subterránea a fin de asegurar la permanencia de la explanada en las condiciones que sirven de base al cálculo de la sección de firme.
- **Drenaje longitudinal:** son las estructuras de desagüe de las corrientes de agua provenientes de los lados y/o que caen sobre la superficie de la infraestructura, de tal manera que permita la continuidad de la red de drenaje natural del terreno en el sentido transversal del flujo.

3.5.3.1 Determinación del Coeficiente de Rugosidad

El coeficiente de rugosidad no es más que un factor de ajuste que se adecúa los caudales y dependen del tipo de material en que circula el fluido tomando diferentes valores.

Cuando el material de la sección por donde atraviesa el caudal es homogéneo (nuestro caso) se puede tomar un solo valor del coeficiente de rugosidad.

La Tabla de coeficiente de rugosidad se encuentra en la parte de anexos de tablas de este proyecto.

3.5.3.2 Las Alcantarillas de Cruce

Son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera.

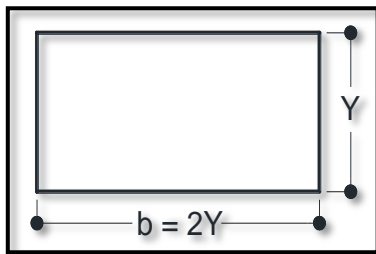
Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida.

Para el proyecto el tipo de alcantarilla a emplazar son:

- Sección circular Tubo PVC Elicoidal.
- Sección Rectangular de máxima eficiencia "Tipo cajón"

FIG: N°3.4 Sección tipo alcantarilla de cruce

Ec: 3.5.9



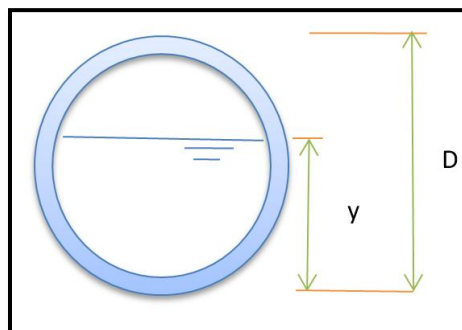
$$Q = \frac{1}{n} * 2Y^2 * \frac{Y^{(2/3)}}{2} * S^{(1/2)}$$

3.5.3.3 Alcantarillas de Alivio

Los diferentes tramos donde se emplazarán cunetas cuentan con longitudes grandes hasta llegar a la alcantarilla, para esto es necesario aliviar la cuneta a una distancia de 100 – 150 m; para dimensionar la alcantarilla se considera parcialmente llena proyectada a 0,75 de su sección y flujo uniforme.

FIG: N°3.5

Sección parcialmente llena



Ecuaciones para tuberías parcialmente llenas:

– Área (m²) :

$$A = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta) \quad \text{Ec: 3.5.10}$$

– Perímetro mojado (m) :

$$P = \frac{D \cdot \theta_r}{2} \quad \text{Ec: 3.5.11}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D - 2 \cdot Y}{D}\right) \quad \text{Ec: 3.5.12}$$

– Caudal de diseño (m³/seg):

$$Q = \frac{0,31185392 \cdot D^{\frac{3}{8}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{Ec. 3.5.13}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad

S: Pendiente de la tubería (m/m)

D: Diámetro de la tubería (m)

3.5.3.4 Cunetas

Las cunetas contribuyen las obras complementarias de drenaje de uso más extendidos y universal.

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la corona de la vía terrestre, en el lado del corte en secciones de tal naturaleza.

Permiten recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los del área comprendida entre el coronamiento y el coronamiento del corte y la contra cuneta.

La capacidad hidráulica de la cuenca como canal define principalmente la posibilidad de cumplir su función de canalizar y eliminar con rapidez el agua que colecte. El gasto por drenar depende del área de influencia, del coeficiente de escurrimiento y de la intensidad de lluvia durante el tiempo igual al de concentración.

La pendiente longitudinal mínima que debe existir en una cuneta es de 0.5%. La velocidad con la que circule sobre ella debe quedar comprendida entre los límites de depósito y erosión, ambos indeseables.

El caso particular es que la vía se encuentra en terreno llano donde se aplican las siguientes ecuaciones:

❖ **Método Racional:**

$$Q = \frac{0,00028 \cdot C \cdot I \cdot (B \cdot L)}{2} \quad Ec. 3.5.14$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

C: Coeficiente de escorrentía

B: Ancho de la calzada (m)

L: Longitud del tramo apartador (m)

❖ **Determinación de la Sección Hidráulica:**

- Caudal de diseño (m^3/s)

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}} \quad Ec: 3.5.15$$

- Área de sección triangular (m^2):

$$A = \frac{(a + b) \cdot h^2}{2} \quad Ec: 3.5.16$$

- Perímetro de sección triangular (m):

$$P = \left(\sqrt{1 + a^2} + \sqrt{1 + b^2} \right) \cdot h \quad Ec: 2.5.17$$

Donde:

A: Área de la cuenca

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente de la cuneta (m/m)

3.5.4 Diseño Estructural para la Alcantarilla de cruce (Sección tipo cajón)

Para el diseño estructural de la alcantarilla tipo cajón se utilizó el paquete CIPE CAD, versión 2011.

El modelo de cálculo utilizado es por elementos finitos triangulares, que considera la deformación por cortante.

Una vez ingresado al programa se creó un proyecto y configurando algunos parámetros de diseño (las dimensiones de la alcantarilla obtenidas del diseño hidráulico, carga por eje, ancho de la calzada, tipo de material de relleno, talud y el peso muerto), con estos parámetros el paquete diseña la armadura de la estructura y posteriormente verifica el cumplimiento a las solicitaciones de carga.

La memoria de cálculo obtenida del paquete se encuentra en la parte de anexo, al igual que los planos de detalles de la armadura.

3.6 PAVIMENTO FLEXIBLE

Se optó por pavimento flexible por las siguientes consideraciones:

- El pavimento flexible es de fácil ejecución, menos tiempo de construcción, en comparación con el pavimento rígido.
- La baja cantidad de tráfico en la zona de proyecto hacen ver de forma innecesaria el uso de pavimento rígido
- La diferencia de costos entre el pavimento rígido y el pavimento flexible, notando que el costo menor es con pavimento flexible.
- La poca presencia de cargas significativas en el tráfico, es decir la baja circulación de vehículos pesados.
- El pavimento flexible se adecua mejor a nuestro medio

– Función de las capas del pavimento flexible

El pavimento flexible, es una estructura formada por varias capas (Subrasante, capa Sub-base, capa Base y de Rodadura) con el fin de establecer los siguientes propósitos:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilización necesaria.

- Tener resistencia a los agentes atmosféricos.
- Tener una superficie adecuada de rodadura.
- Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la capa base o capa sub-base.

- **Subrasante o terreno de fundación**

Es la capa que queda después de realizar el movimiento de tierras y haberse llegado al alineamiento horizontal y vertical de diseño.

Dependiendo de la capacidad de soporte que esta tenga, se define el espesor que debe tener un pavimento flexible.

- **Capa sub-base**

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante, con la finalidad de controlar o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiere tener el material de la subrasante.

- **Capa base**

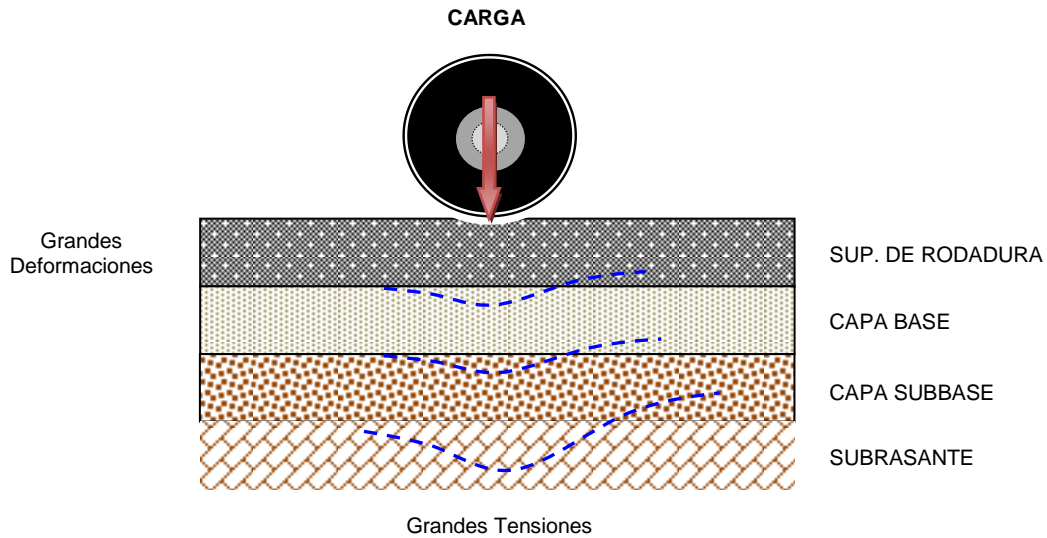
Es la capa del pavimento situado debajo de la capa de rodadura; cuya función específica es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.

- **Capa de rodadura**

Es la parte superior del pavimento, que soporta directamente las solicitudes de tráfico; pudiendo ser esta de materiales asfálticos, cuya función principal será la proteger la capa base impermeabilizando la superficie, para evitar así las posibles infiltraciones del agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tráfico de los vehículos.

FIG: 3.6

Esquema del comportamiento de pavimento flexible



3.7 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales.

3.7.1 METODO AASHTO

El método AASHTO, en el caso de los pavimentos flexibles establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportaran niveles significativos de tránsito (mayores de 50000 ejes equivalentes acumulados de 8.2tn durante el periodo de diseño).

El diseño está basado primordialmente en encontrar un número estructural "SN" para el pavimento flexible.

Para determinar el número estructural requerido el método proporciona la ecuación general y gráfica:

- *Ecuación general para determinar el "SN":*

$$\text{Log}W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.4 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_r - 8.07$$

Donde:

W18 = Número de eje equivalentes a 18000 Libras que solicitaran durante el periodo de vida útil.

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

So = Error standard combinado de las predicciones de transito y de comportamiento

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

Mr = Modulo Resiliente de la Subrasante.

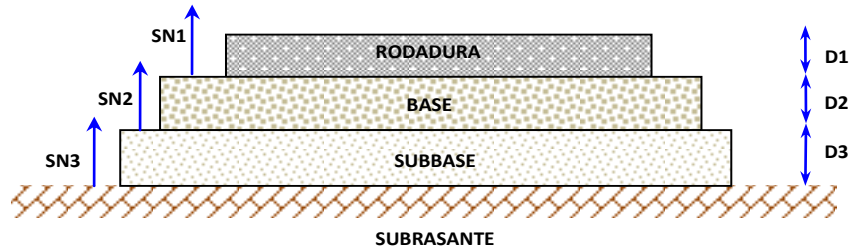
SN = Número Estructural del Pavimento.

- *Representación grafica de la ecuación: ABACO PARA DETERMINAR EL SN (AASHTO 1993), el mismo se encuentra en ANEXOS.*

$$\mathbf{SN} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 \quad \text{Ec: 3.6.1}$$

FIG.3.7

Gráfica del Diseño Estructural



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* > SN_1 \quad Ec. 3.6.2$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \cdot m_2} \quad SN_2^* = D_2^* \cdot a_2 \cdot m_2 \quad Ec. 3.6.3$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \cdot m_3} \quad SN_3^* = D_3^* \cdot a_3 \cdot m_3 \quad Ec. 3.6.4$$

Donde:

$a_1 = a_2 = a_3$: Coeficiente de Capa

$m_1 = m_2 = m_3$: Coeficiente de drenaje

$SN_2 = SN_2 = SN_3$: Numero estructural

$SN_2^* = SN_2^* = SN_3^*$: Número estructural obtenido

$D_1 = D_2 = D_3$: Espesor del pavimento

$D_1^* = D_2^* = D_3^*$: Espesor del pavimento adoptado mayor al obtenido

3.7.1.1. Periodo de Diseño

Tabla N° 3.7.1

Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carreteras

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

Fuente: Principios Básicos del Diseño de Pavimentos Método AASTHO

De acuerdo al tipo de camino y al bajo volumen de tránsito con el que se cuenta se asume un periodo de vida útil igual a 15 años.

3.7.1.2 Confiabilidad “R”

Es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso. Cuanto mayor es la incertidumbre, mayor es el coeficiente de seguridad. La aplicación de estos coeficientes de seguridad puede hacer que el pavimento resulte sobre o sub-dimensionado.

Tabla N° 3.7.2

Valores de “R” Confiabilidad

NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista	80 - 99,9
Red Principal o Federal	75 - 95
Red Secundaria o Estatal	75 - 95

Red Rural o Local	50 - 80
-------------------	---------

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

Para el proyecto se asumirá un valor de confiabilidad igual a 80. De acuerdo a lo indicado en la Tabla N° 3.7.2

3.7.1.3 Desviación Estándar “So”

Toma en cuenta todos los errores asociada con los datos de diseño y construcción, incluyendo la variabilidad en las propiedades de materiales. La Guía de Diseño AASHTO provee valores recomendados.

Tabla N° 3.7.3

Desviación estándar

Para pavimentos flexible	0.40 - 0.50
En construcción nueva	0.35 – 0.40
Sobre capas	0.5

En el proyecto se asume un valor de **So= 0.49** que es recomendado para pavimentos flexibles.

3.7.1.4 Factor de distribución por dirección (DD)

Denominado a si a la distribución del tránsito que circula por cada carril, el método AASHTO recomienda que el este valor sea igual a 0,5.

3.7.1.5 Factor de distribución por carril (DL)

Este factor depende de la cantidad de carriles que cuenta la calzada de diseño siendo su valor máximo 1.

Tabla N° 3.7.4

Distribución por carril

NUMERO DE CARRIL	DL
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

3.7.1.6 Tránsito Esperado (W_{18})

$$W_{18} = ESAL's \cdot i \cdot DD \cdot DL \quad Ec: 3.7.2$$

Donde:

ESAL's : Ejes Equivalentes

i = Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

DD = Factor de distribución direccional

DL = Factor de distribución por carril

Tabla N° 3.7.5

Espesores Mínimos

ESAL's	CONCRETO ASFALTICO	BASE GRANULAR
< 50000	2,5 cm	10 cm
50000 - 150000	5,0 cm	10 cm
150000 - 500000	6,5 cm	10 cm
500000 - 2000000	7,5 cm	15 cm
2000000 - 7000000	9,0 cm	15 cm
> 7000000	10,0 cm	15 cm

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

3.7.1.7 Serviciabilidad “PSI”

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Esta se mide dentro de la escala de 0 a 5, siendo que el valor 5 representa una condición muy buena y 0 pésimas condiciones.

Tabla N° 3.7.6

Nivel de Serviciabilidad

Serviciabilidad inicial
Po = 4.5 para pavimentos rígidos
Po = 4.2 para pavimentos flexibles
Serviciabilidad final
Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Pt = 2.0 para caminos de transito menor

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

Por lo tanto la ecuación es:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad Ec: 3.7.3$$

3.7.1.8 Modulo de Resiliencia “Mr” de la subrasante

El módulo de Resiliencia de la subrasante es la propiedad del material usado para representar las características de soporte del suelo natural en el diseño de pavimentos flexibles. En términos generales, es una medida de la deformación del suelo en respuesta a aplicaciones de cargas mucho menores que la carga de falla.

En la Guía AASHTO se menciona que ante la imposibilidad de contar con los equipos para realizar ensayos con el módulo de resiliente, se puede utilizar la correlación establecida por el Corps of Engineers con el CBR:

▪ Para $CBR < 12\%$ $Mr_{(Mpa)} = 17.6 * CBR$ $Ec: 3.7.4$

De acuerdo a la experiencia en Latinoamérica, las ecuaciones que se presentan a continuación son las más utilizadas y las que han sido aplicadas en el presente diseño:

▪ Para $CBR > 12\%$ $Mr_{(Mpa)} = 22.1 * CBR^{0,55}$ $Ec: 3.7.5$

3.7.1.9 Coeficiente de Drenaje (m_i)

El método AASHTO propone la utilización de coeficientes modificados para las capas de pavimento, en función de las características de drenaje de los materiales. Para eso, la calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento.

Tabla N° 3.7.7

Valores para el Coeficiente de Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	MENOS DEL 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	MAS DEL 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Mediano	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Malo	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6

Muy malo	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4
----------	-------------	-------------	-------------	-----

Fuente: Manual Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 97

En nuestro caso adoptaremos la calidad de drenaje mediano dándonos unos valores de coeficiente de drenaje de:

- m_2 =Coeficiente de drenaje capa base = 1.05
- m_3 =Coeficiente de drenaje capa sub base = 1.05

3.7.1.10 Coeficientes Estructurales o de Capas (a_i)

El coeficiente estructural de una capa representa la relación empírica entre el número estructural SN y el espesor de dicha capa, siendo una medida de la capacidad relativa del material para actuar como componente estructural de un dado pavimento.

El método AASHTO presenta diversas formas de obtener el valor del coeficiente estructural, en general a través de correlaciones con otras propiedades mecánicas de los materiales (CBR, módulo Resiliente, etc.). Estos coeficientes son posibles de determinar a través de ábacos, los mismos se presentan en la parte de los ANEXOS.

3.8 COMPUTOS METRICOS

Cómputo métrico: es la cuantificación o determinación de volumen, superficie, etc. de materiales necesarios para ejecutar cada ítem, y para poder determinar el costo del mismo.

El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras que son: sobre la obra misma, o sobre los planos.

Ítem: es conjunto de actividades valoradas en unidades determinadas a través de la unidad que puede apreciarse al efectuar el presupuesto, las mismas pueden ser de longitud (ml), superficie (m²), volumen (m³), peso (Kg), existiendo algunas de ellas que por su naturaleza o complejidad solamente pueden medirse en forma global.

Para cada una de las obras que intervienen en el diseño de la carretera, se crearon planillas detalladas para el cálculo de los cómputos métricos de los diferentes ítems que forman parte de la obra, y características particulares de cada elemento.

3.8.1 PRECIOS UNITARIOS

El precio Unitario: 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 realice.

Unidad de obra: 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 de costos y precios unitarios, se ha establecido la participación de los siguientes costos básicos:

- Materiales e insumos.
- Mano de obra, en sus diferentes categorías.
- Maquinaria y equipo de construcción.

La moneda de referencia utilizada es el Boliviano, la cotización con relación al dólares americanos (\$us.).

En el análisis de precios unitarios se deberá de considerar el porcentaje regulado de acuerdo al Decreto Supremo N° 27328 para licitación del sector público correspondiente, los mismos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.8.1
Porcentajes Regulados por Decreto Supremo 27328

DESCRIPCION	POCENTAJE
Cargas Sociales	55 - 71,18% del Subtotal de mano de obra
IVA	14,94% del subtotal de mano de obra +cargas sociales
UTILIDAD	10 - 20% de (Materiales, Mano de Obra, Equipo, Maquinaria, Herramientas, Gastos generales y Administrativos)

IMPUESTOS: - IT	3,09% (Materiales, Mano de Obra, Equipo, Maquinaria Herramientas, Gastos generales, Administrativos, Utilidad)
--------------------	---

Fuente: Estructuras de costos

3.9. RESULTADOS OBTENIDOS

3.9.1 ESTUDIO DE SUELOS

- **CLASIFICACION DE SUELOS**

Atraves de la granulometría y límites de Atterberg, se clasificaron las muestras obtenidas de campo en tres diferentes tipos de suelo, en los cuales predominan el material granular, sin embargo es evidente la presencia de arcilla y limos.

Según la clasificación AASHTO y SUCS, se obtuvieron los siguientes resultados:

CLASIFICACION DE SUELOS		
PROGRESIVA	AASHTO	SUCS
0+000	A-1-b(0)	GW
0+500	A-2-4(0)	GW
1+000	A-2-4(0)	GW
1+500	A-2-5(0)	GM
2+000	A-2-4(0)	GW
2+500	A-2-4(0)	GW
3+000	A-2-4(0)	GW
3+500	A-2-5(0)	GM
4+000	A-2-5(0)	GM
4+500	A-2-4(0)	GW

- **RESULTADOS DE LA COMPACTACION**

Mediante la compactación se determino la densidad máxima seca de las muestra bajo un cierto contenido de humedad, obteniéndose así densidades en función al tipo de suelo, como se observa en el siguiente cuadro.

COMPACTACION		
AASHTO	% HUMEDAD	DENSIDAD MAX (gr/m ³)
A - 1 - b (0)	7.46	2.17
A - 2 - 4 (0)	7.91	2.17
A - 2 - 5 (0)	11.5	2.23

▪ RESULTADOS DEL CBR

El CBR obtenido de los ensayo de laboratorio dan como resultado valores óptimos, reflejando la buena calidad del material como terreno de fundación, (sub-base) para soportar el paquete estructural que conforma el pavimento flexible.

CBR		
AASHTO	100%	95%
A - 1 - b (0)	49	37
A - 2 - 4 (0)	42	39
A - 2 - 5 (0)	38	31

3.9.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

De acuerdo con los aforos realizados en la Comunidad de Obrajes se obtuvo un Trafico Promedio Diario semanal TPDS* igual a 87 vehículos, del cual el 52% son vehículos livianos, 40% son medianos y tan solo el 1% son vehículos pesados.

En el diseño estructural se proyecto el tráfico para un periodo de diseño igual a los 15 años, con una tasa de crecimiento del parque automotor.

El tráfico obtenido de los aforos, se lo proyecto para un periodo de diseño de 15 años, tomando la tasa de crecimiento del Parque automotor Nacional de 11.12% anual. Obteniendo como resultado un tráfico promedio diario de 444 vehículos.

3.9.3. DISEÑO GEOMETRICO

El mejoramiento del diseño geométrico para la comunidad de obrajes es muy limitado, por la topografía montañosa ondulada, al margen de ello la velocidad de proyecto es baja e igual a 40km/hr, lo que de alguna manera cuadyuba con la realización de enlaces aceptables en curva cerrada con radios reducidos.

Paralelamente el mejoramiento del diseño geométrico, también se ve limitado por las construcciones consolidadas de comunarios al margen de la vía actual. Sin embargo se realizo un mejor alineamiento, vertical y horizontal para el camino principal de la comunidad de obrajes, considerando los siguientes parámetros:

ALINEAMIENTO EN PLANTA		
Velocidad de Proyecto (Vp)	40	km/h
Ancho de la calzada	7	m
Ancho de carril	3.5	m
Ancho de berma	0,50	m
Ancho del SAP	0,5	m
Bombeo (b)	2.50	%
Peralte (e.max)	7	%
Radio mínimo (Rmin)	50	m
Distancia de Frenado (Df)	38	m
Distancia de Adelantamiento mínima (Da)	240	m
ALINEAMIENTO EN PERFIL		
Pendiente mínima	0.5	%
Longitud mínima en curvas verticales (Lmin)	40	m

Nota: Ver Anexo diseño geométrico

3.9.4 DISEÑO HIDRAULICO

ALCANTARILLAS DE ALIVIO

PROGRESIVA	Q	D
	(m ³ /s)	Asumido
0+40-0+130	0.019	10
0+270-0+517	0.043	12
0+517-0+748	0.040	12
0+748-0+910	0.026	10
0+910-1+000	0.013	10
1+360-1+490	0.018	10
1+542-1+590	0.008	10
1+610-1+770	0.042	12
1+790-1+928	0.038	10
1+928-2+082	0.043	12
2+660-2+860	0.028	10
2+860-3+020	0.025	10
3+020-3+180	0.021	10

ALCANTARILLA DE CRUCE DE TUBO PVC

PROGRESIVA	Q	D (Comercial)	N° Tubos
	(m ³ /s)	(m)	
0+135.5	4.86	1	2 tubos
1+076.8	3.9	1	2 tubos
3+817.5	7.55	1.2	2 tubos

ALCANTARILLA DE CRUCE SECCION TIPO CAJON

PROGRESIVA	CAUDAL DE DISEÑO	BASE	ALTURA	LONGITUD
	m ³ /s	m	m	m
2+297,3	56.42	3.7	2.4	9
3+570	86.26	4.3	2.7	9

DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA ALCANTARILLA TIPO CAJON

Para el diseño estructural de la alcantarilla tipo cajón se utilizó el programa CIPE CAD, versión 2011.

El análisis para el diseño estructural es a través de elementos finitos mediante la triangulación, que considera la deformación por cortante.

Ver Anexos diseño estructural de la alcantarilla tipo cajón.

3.9.5 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El método AASTHO, es uno de los más empleados para el dimensionamiento de estructuras para pavimento flexible, el cual se aplicó en el presente proyecto ya que el mismo considera varios parámetros de diseño como ser el tráfico, las cargas de los ejes equivalentes, módulo resiliente los mismos se encuentran detallados en ANEXOS.

La aplicación del método para dimensionamiento estructural para el camino principal de la Comunidad de Obrajés, dio como resultado, la siguiente conformación:

De los resultados obtenidos se interpreta que la capa de rodadura es mínima e igual a 5 cm de espesor, ya que el tráfico que presenta la comunidad es reducido, liviano, además que al tratarse de un camino local (III), en proceso de desarrollo no es justificable colocar un espesor mayor a los 5 cm. si bien el espesor de la capa base es de 15cm, el paquete estructural no necesita de la conformación de capa sub-base, por las características mecánicas de suelo y por el bajo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- Tomando como base de referencia, para la aplicación en el diseño geométrico del tramo en estudio y justificación técnica se aplicó la normativa, los conceptos y las sugerencias del manual de diseño geométrico de la ABC.
- Como es común en los levantamientos topográficos para tramos carreteros se aplicó una poligonal abierta a lo largo del camino, misma que permite el relevamiento de la información para establecer el diseño geométrico.
- Dadas las condiciones geológicas que presenta el área de proyecto, se obtuvieron muestras de suelos con una separación aproximada entre muestras de 500m, a una profundidad de 0.5m se evidencia que las características son similares. Presentando así en la superficie material fino, y en el sub-suelo predomina materia granular. Corroborando esta información con ensayos de laboratorio presentando suelos del tipo: A-2-4(0), A-2-5(0), A-1-b (0).
- Dentro de la justificación técnica es necesario contar con un estudio de tráfico vehicular, en el presente proyecto se obtuvo un tráfico promedio diario anual (TPDA) de 524veh/día. Proyectado para un periodo de diseño de 15 años.
- Con la ayuda de imagen satelitales a través del navegador GOOGLE EARTH, se obtuvo imágenes satelitales del área de proyecto que ayudaron a tener una mejor apreciación y regencia en el mejoramiento del diseño geométrico del camino actual.
- De acuerdo a la clasificación funcional según el manual de la ABC, el proyecto pertenece a un camino local (III), pero no por esto deja de ser menos importante. Por lo que se asume: un ancho de calzada de 7m, ancho de berma de 0.5m, y el Sobrecancho de la plataforma de 0.5m

- Para el presente proyecto se diseñó estructuras de hormigón sección tipo de cajón por las características técnicas que presenta el hormigón, en comparación con otros materiales realizando el análisis hidrológico e hidráulico que permite evacuar las aguas en los pasos de quebrada de manera eficiente, tratando de no alterar las condiciones hidráulicas de los cauces.
- Con las características técnicas anteriores y sustentadas en este proyecto, aplicando el método AASHTO – 93 las dimensiones del paquete estructural son:

Capa de rodadura= 5 cm

Capa base = 15cm

RECOMENDACIONES

- Es necesario considerar pasos para acequias de riego en las áreas de cultivos próximas al área del proyecto, para evitar improvisaciones, daños en la estructura.
- Si el ancho de sección hidráulica es menor que al ancho del cauce es recomendable diseñar el ancho mayor o igual que la sección del cauce, para no alterar las condiciones del hidráulica natural del cauce o al menos posible.
- Se recomienda que las estructuras de drenaje sean diseñadas en un 130% del caudal normal, con la finalidad de evitar colmatación en los ingresos y ahogamiento, protegiendo así el paquete estructural.
- Es recomendable mantener el nivel vertical en los puntos sociales.
- Para obtener un diagrama de masas compensado se tendría que hacerse una elevación de la rasante provocando daño a los pobladores ubicados en las márgenes del camino.
- Se recomienda emplear el método AASHTO para el diseño estructural, se deberá definir en forma acertada las ecuaciones del módulo resiliente.

- el diseño del paquete estructural de pavimento flexible, en este proyecto no requiere de la conformación de la capa sub-base debido a las características que presenta la subrasante o terreno de fundación, por lo que se recomienda escarificar el terreno y sobre el colocar la capa base y posterior colocar la capa de rodadura.