

CAPITULO I

INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

Las carreteras son obras cuya concepción, proyecto y ejecución obedecen a la necesidad de cubrir la demanda de este servicio para el desarrollo social, comercial y de producción; además de lograr la integración de un distrito, región o del país en su conjunto para mejorar el nivel de vida de la poblaciones, observando estas necesidades se fueron desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

La población que habita la zona del parque ecológico de San Jacinto son relativamente pequeñas, pero con un gran potencial agrícola, ganadero y turístico.

El potencial agrícola debido a su suelo fértil se siembran diferentes tipos de hortalizas como arveja, ají, aba, papa, etc.

El potencial ganadero como ser la crianza de ovino, porcinos, vacunos, este último especialmente para la producción de leche.

El potencial turístico, se puede destacar muchas actividades deportivas adentro y a orillas del lago, deportes acuáticos, y actividades de recreación.

Es por esto, que la tesis que se presenta, desarrollará una solución aplicando uno o varios métodos existentes para la construcción de una vía o camino, la cual se refiere al trazo y construcción de una carpeta a base de un pavimento flexible y sus características y métodos de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos del Servicio Nacional de Caminos, también se describirán las consideraciones físicas y geográficas, que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

1.2 UBICACIÓN GENERAL

1.2.1 UBICACIÓN GENERAL

La Represa se encuentra a 6 KM, de la ciudad de Tarija, es uno de los principales atractivos turísticos, ya que se pueden practicar deportes acuáticos como también la pesca deportiva. La superficie del espejo de agua es de aprox. 700 hectáreas.

Figura n° 1



Fuente: Propia

1.2.2 UBICACIÓN ESPECIFICA

El Proyecto “DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA RUTA TURISTICA DEL PARQUE ECOLOGICO - SAN JACINTO” ubicado más o menos a $21^{\circ}35'21.12''$ S y $64^{\circ}43'53.76''$ O, tiene como fin subsanar la falta de un acceso y un camino en la comunidad del Parque Ecológico San Jacinto.

Figura n° 2

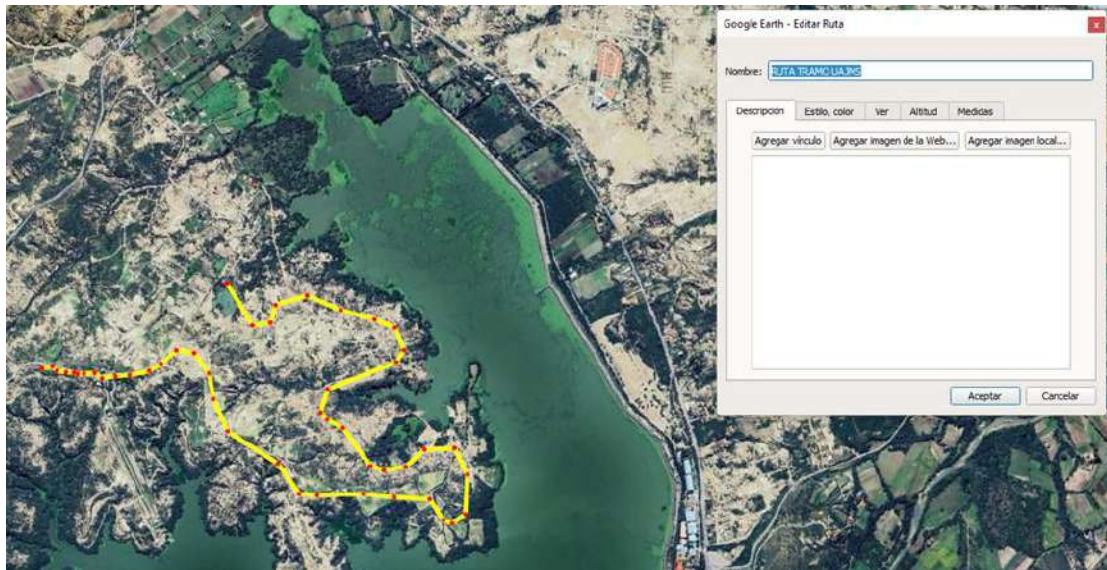


Fuente: Google Earth

1.2.3 UBICACIÓN SATELITAL

Se utiliza GOOGLE EARTH que es un software de visualización satelital que tiene sus limitaciones y que hoy en día es utilizado y reemplaza en algunos casos a la fotogrametría aérea.

Figura n° 3



Fuente: Google Earth

1.3 JUSTIFICACION

El Departamento de Tarija, ubicado al sur de Bolivia en la frontera con las Repúblicas de Argentina y Paraguay, está formado por pequeñas ciudades y pueblos rurales. Los Valles y el Chaco son sus dos regiones principales. El departamento está ubicado en las siguientes coordenadas: 21°31'54'' S; 64°43'52''O.

El departamento de Tarija cuenta con un clima templado y frio en la zona oeste, templado en la zona central y cálida en la zona sur y este.

La constante necesidad de incrementar el ecoturismo en la ciudad de Tarija y promover el turismo por la región, da a lugar al presente proyecto “DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA RUTA TURISTICA DEL PARQUE ECOLOGICO - SAN JACINTO” ruta que en la actualidad no existe, se encuentra en etapa de pre-inversión y

tiene por finalidad fomentar el turismo por la zona a través de dicha ruta y generar una alternativa para la pesca deportiva, y otras actividades eco-turísticas a orillas del Lago San Jacinto.

La zona de San Jacinto contribuye al desarrollo de Tarija, ya que genera producción agrícola, piscícola, lechera y turística por sus hermosos paisajes naturales y actividades deportivas que se realizan en el Lago San Jacinto. Con la ejecución del proyecto, se va a brindar a la zona mayor desarrollo económico y mejor calidad de vida a las familias de bajos recursos, disminuyendo los problemas viales existentes. Con la actual tasa de crecimiento demográfico de la zona, esta pronto estará vinculada con el radio urbano de la ciudad de Tarija.

Otras de las razones que justifican la construcción del camino radica básicamente en que los habitantes o familias requieren de un camino vehicular estable durante todo el año que sirva como alternativa, en especial en épocas de turismo alto, con el fin de participar de las actividades culturales en carnavales o fechas festivas.

Así mismo la construcción de del camino facilitara a los comunitarios a trasladarse de manera más rápida a los centros de atención médica, cuando se presente alguna emergencia médica.

Entre las razones económicas que justifican la implementación del proyecto es la generación de fuentes de trabajo para los comunitarios, ya que al contar con un camino estable podrían comercializar sus productos tanto agrícolas como pecuarios.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente trabajo dirigido titulado “DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA RUTA TURISTICA DEL PARQUE ECOLOGICO - SAN JACINTO”, se centra en el diseño geométrico y análisis de un tramo de carretera en la región del Parque Ecológico-San Jacinto, considerando factores geotécnicos, hidráulicos y sociales que intervienen para el diseño del mismo.

Se evaluarán alternativas de pavimentación, sistemas de drenaje y cumplimiento normativo, según manuales ABC, como también el diseño geométrico y estructural.

Determinar el espesor de las capas de paquete estructural tomando en cuenta las características morfológicas del suelo y las cargas adoptadas.

Beneficiar al 100% de los habitantes de las comunidades aledañas.

El alcance propuesto tendrá la siguiente secuencia en su realización:

1.4.1 METODOLOGIA

En primer lugar, realizar un reconocimiento visual de la zona por donde se aplicará el proyecto y realizar el levantamiento topográfico mediante la utilización de la estación total para una mejor y precisa toma de datos.

Definir puntos de aforo en base a un flujo vehicular existente en la vía adyacente al parque para darnos una idea del flujo que podría pasar por dicha ruta.

Desarrollar el diseño geométrico del tramo, en base al levantamiento topográfico del mismo y el estudio del tráfico para determinar las características geométricas como la categoría, velocidad de diseño entre otros, del tramo en estudio.

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

Para la realización del diseño estructural es necesario tener un amplio conocimiento tanto de los conceptos como de los elementos que caracterizan a los pavimentos flexibles, conocer los diferentes factores que intervienen en el diseño para la posterior determinación de los espesores de del paquete, para de esta forma dotar de una carretera a la zona de San Jacinto.

Para la determinación del tipo de tráfico, que influenciara en el diseño del paquete estructural, aplicaremos el método de aforo manual o conteo manual, mediante el uso de planillas de conteo de fácil uso, a través de personal de campo se registra el tipo de vehículo, tamaño, número de ocupantes y el sentido en el que cursan.

Para la hidrología aplicaremos varios métodos para luego sacar un promedio de ellos y tener un valor más representativo, ya que no existe un solo método cuyo valor sea definitivo para la determinación de un caudal máximo. Entre estos métodos están:

- a) Método racional
- b) Método matricial
- c) Método SCS (Soil Conservation service de Estados Unidos de América)

1.4.2 NORMAS

Diseño geométrico juegan un papel muy importante, ya que se toma en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costo en consecuencia permite adopción de diferentes conceptos expresados en valores numéricos, adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC.

En cuanto al diseño estructural se aplicará la Norma AASHTO y se compara resultados con el método Índice de Grupo y método de CBR.

El diseño hidráulico se aplicará un programa HY 8 Culvert Hydraulic Analysis Program, un software muy aplicado por ingenieros civiles a la hora de calcular de arte en carreteras y obras civiles.

1.4.3 ACCESOS

En la actualidad la única vía de acceso al parque ecológico de San Jacinto es un camino ripiado de un solo carril, ubicado a 1.5 km del cruce a tolomosa carretera San Jacinto, el camino en época seca es transitable, no así mismo en temporada de lluvia, ya que se requiere un transporte 4x4 debido a las características del terreno.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del presente trabajo es entregar un Diseño Geométrico e Ingenieril, de una infraestructura vial que permita acceder al sector del lago San Jacinto, que permita mejorar la funcionabilidad y la transitabilidad durante todo el año, optimizando el diseño geométrico actual, cumpliendo así con las normas de diseño indicadas en este trabajo.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Se realizará un levantamiento topográfico de la franja del terreno por donde se pretende que vaya el camino, siguiendo la dirección del trazo preliminar.
- Realizar el diseño geométrico del camino aplicando normas establecidas por la Administradora Boliviana de Carreteras.
- Realizar un estudio hidrológico, con la información proporcionada por el SENAMHI y otras fuentes confiables.
- Realizar un muestreo de estratos cada 500 metros a lo largo de toda la vía o trazo principal, con el objeto de obtener muestras del terreno, para posteriores ensayos de laboratorio y así determinar sus propiedades mecánicas y morfológicas.
- Obtener los espesores del paquete estructural.
- Analizar y desarrollar la opción de tratamiento superficial.
- Realizar el dimensionamiento de cada una de las obras de arte como ser alcantarillas y cunetas de acuerdo al estudio hidrológico-hidráulico.
- Elaborar el presupuesto general de la obra.

CAPITULO II

DISEÑO DE INGENIERIA

2. DISEÑO DE INGENIERIA

Es necesario antes de desarrollar toda la teoría, los cálculos y resultados a utilizar para el desarrollo de este proyecto, hacer un énfasis en la actualidad de la comunidad, tocando temas económicos, como también sociales.

2.1 ASPECTOS ECONOMICOS Y SOCIALES

Demografía:

De acuerdo con el INE, el censo realizado en 2012, la comunidad de tomosa y tomosita tienen una población de alrededor de 1107 habitantes correspondientes a 65 familias dispersas en la zona de influencia de este proyecto.

Cultura:

La población que compone estas comunidades en su gran mayoría son de origen mestiza o chapaca, predominando el idioma castellano, y la religión que practican es la católica, sus costumbres son las festividades de San Roque y la Virgen de Chaguaya.

- Aspectos Productivos:

La actividad productiva más importante de las comunidades es la agricultura, ganadería caprina, ovina y vacuna; ya que por familia cuentan con $\frac{1}{4}$ hasta $\frac{1}{2}$ has. como mínimo. Dichas producciones se ven afectadas debido a la falta de infraestructura vial.

- Infraestructura:

Las comunidades cuentan con infraestructura vial a nivel de ripiado, red eléctrica y telecomunicaciones.

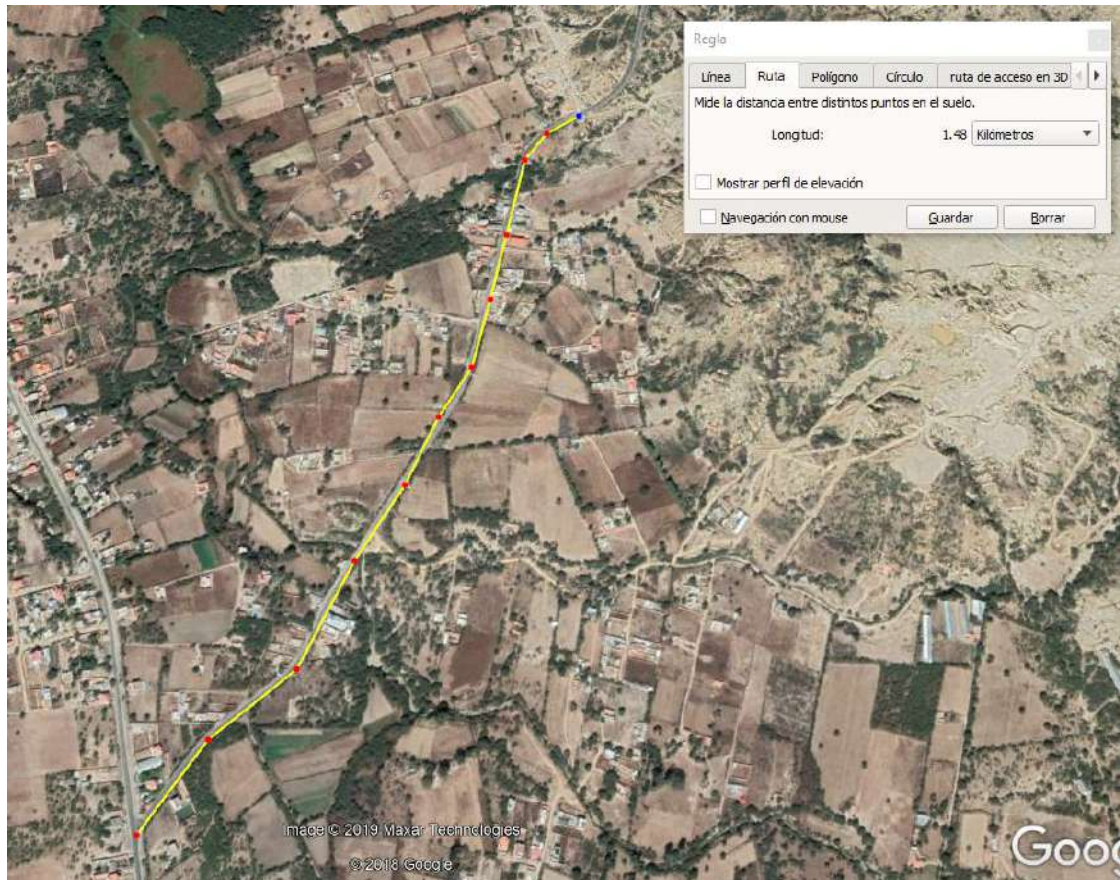
El acceso a este parque ecológico se realiza a través de una vía ubicada al km 1.5 del cruce a tomosa.

- Servicios básicos, salud y educación:

La comunidad de tomosa y san Jacinto cuentan con servicios de agua potable pero no así con un sistema de alcantarillado. Además, posee un hospital de primer nivel

y cuentan con 3 unidades educativas Tolomosa Grande, T. Norte y T. Oeste, las tres en actual funcionamiento y hasta nivel secundario.

Figura n°4



Fuente :Google Earth

2.2 ESTUDIO TOPOGRAFICO

2.2.1 RECONOCIMIENTO

Llamado reconocimiento o exploración es el examen general del territorio caracterizado por el relieve y del área de estudio a través del cual se propone elegir la ruta.

El reconocimiento de la ruta, consistirá en definir la mejor faja de terreno en la cual se desarrollará el trazado del eje de la vía siendo esta la primera etapa tanto en el planeamiento como en la construcción de carreteras, estableciendo puntos obligados en el cual se distinguen dos, los puntos topográficos o técnicos y los políticos o sociales

Para realizar el reconocimiento en campo del tramo Ruta Turística del Parque Ecológico - San Jacinto como en cualquier otro proyecto se necesitan varios instrumentos como ser: brújula, GPS, imágenes satelitales (Google Earth) y material de escritorio.

Una vez adquiridos los instrumentos de reconocimiento se fue al lugar donde se realizó una caminata previa a un reconocimiento al camino actual, observando algunas características geométricas de la vía, posteriormente se estableció un punto de partida con un aparato electrónico digital GPS para ubicar este punto en la carta geográfica como complemento con la ayuda de la brújula se estableció la dirección y el sentido del eje actual de la vía, para conocer la longitud total preliminar del tramo se trazó la ruta usando GPS de un celular mientras se circulaba con una motocicleta en todo el tramo, de esta manera se conoció de manera preliminar la longitud.

Se establecieron puntos obligatorios de los cuales se pudo destacar los siguientes:

- **PUNTOS TOPOGRÁFICOS O TECNICOS:**

A lo largo del tramo se establecieron varios puntos de los cuales tres corresponden a cruces de pequeñas acequias utilizadas para el riego y pequeñas quebradas que van a dar al lago san Jacinto.

- **PUNTOS POLÍTICOS O SOCIALES:**

Se pueden distinguir postes de electrificación que cruzan de un lado a otro, pequeñas parcelas a lo largo del tramo, los cercos de piedra a cada lado de la vía que en algunas partes es muy estrecho, presenta además una zona turística.

Una vez establecidos los puntos obligados se realiza un croquis cuidando que él represente todas las características observadas a lo largo del tramo.

2.2.2 ANALISISTE ALTERNATIVAS

EL análisis de alternativas consiste en escoger la línea o ruta más adecuada, se proyectan utilizando mapas o planos levantados en este caso se utilizará imágenes satelitales de google-earth realizando varios trazados preliminares para así obtener en planta rutas u opciones sobre los cuales se puedan comparar y escoger la más conveniente.

En general, y desde el punto de vista topográfico exclusivamente, estos estudios se adelantan teniendo en cuenta limitaciones: la pendiente (máxima y mínima) permisible y el paso por los puntos obligados, que son puntos impuestos por la destinación del proyecto o bien por las condiciones mismas del terreno.

Alternativa 1: esta alternativa presenta un alineamiento mas cercano a orillas del lago, ofreciendo al conductor una vista mas agradable, asi mismo presenta una topografía más accidentada, lo que indica una mayor numero de obras de arte.

Alternativa 2: este alineamiento está en función a los caminos o accesos realizados en algunos casos por los mismos comunarios, respetando asi las parcelas de cada familia existente en la zona.

Figura n° 5

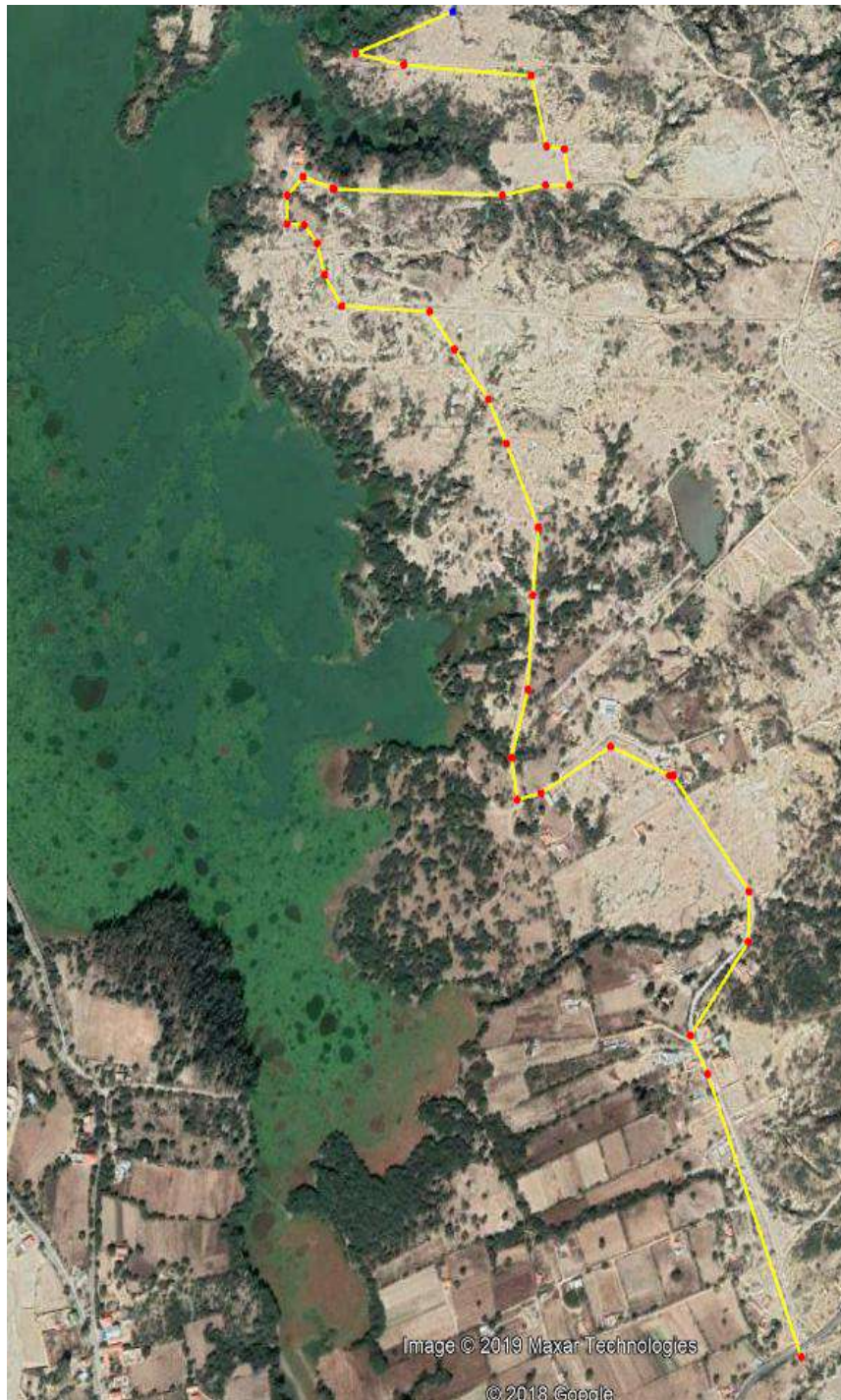
Alternativa 1



Fuente: Google Earth

Figura n° 6

Alternativa 2



Fuente: Google Earth

2.2.3 POLIGONAL DE ESTUDIO

La poligonal de estudio de este proyecto se limita solo al camino de ingreso actual (precario), hasta donde este llega, por consecuencia se tendrá una sola faja de terreno, con la ayuda del croquis obtenido en el reconocimiento se localizaron puntos específicos que ayudarán a tener una mejor visualización cuando se realice el levantamiento definitivo. En consecuencia, se tendrá un levantamiento eficiente y rápido de los puntos que se marcaron en el croquis pudiendo éstos aumentar o disminuir, conforme el proyectista lo vea conveniente.

Las poligonales se harán cada 500 mts. Con la finalidad de poder retroceder y evitar arrastrar algún posible error de lectura o nivelación.

2.2.4 LEVANTAMIENTO DEFINITIVO

Los instrumentos utilizados en el levantamiento se mencionan a continuación:

Estación total y sus componentes:

- GPS
- Brújula
- Material complementario (cinta métrica, libreta de anotaciones, clavos, estacas, pintura y pincel)

Procedimiento en campo

El levantamiento definitivo se realizó con el fin de determinar la configuración del terreno actual para posteriormente utilizar los datos necesarios y representarlos gráficamente en un plano de curvas de nivel.

Para empezar a realizar en levantamiento definitivo es necesario conocer las coordenadas del punto de partida, es por esto que se realizó la lectura del punto de partida con GPS, la forma de lectura fue por repetición y un promedio de éstas dieron la longitud, latitud y la altura (X, Y, Z).

Definido el punto de partida se procedió a instalar la estación total (SOKIA SET 630K, modelo 2008 JAPON) en dicho punto caracterizado por una estaca, es necesario seguir

los pasos que antiguamente se realizaban con el teodolito en cuanto a nivelación, es decir fijar el centro de la estaca o clavo para luego nivelar, tanto el nivel circular como el tubular.

Es necesario que el equipo se encuentre nivelado para poder obtener datos cercanos a los de la realidad del terreno.

Antes de comenzar a realizar el levantamiento es necesario configurar algunas opciones internas de la Estación Total, una vez configurado se creó un archivo dentro de la memoria interna de la Estación Total con el nombre “SPCRA”, después de haber creado el proyecto se introdujo el punto de partida colocando las coordenadas 7612512, 320191y la cota respectiva 1937.

Antes de empezar a lecturar los datos es necesario orientar el equipo esto puede ser de dos formas conocidas por coordenadas de un punto de referencia o por medio angular, es decir, referenciar a partir del norte, se referencio por medio angular ya que no se contó con un punto de referencia adicional al punto de partida.

Referenciado el punto de partida se procedió a realizar el Levantamiento Definitivo a través de un método conocido como Método de las Transversales utilizado en el levantamiento de carreteras, ferrocarriles y canales con el fin de obtener datos en forma ordenada y darnos cuenta de algunos errores que se pudo haber cometido durante el levantamiento.

Elegido el método de levantamiento que consistió en seccionar la vía a través de secciones transversales que cruzan ortogonalmente con una separación 20 m. en rectas y 10 m. en curvas dependiendo del caso particular de algunos tramos, estas transversales tienen puntos intermedios de un extremo al otro.

Es lógico pensar que de un solo punto de partida no se podrá lecturar todos los puntos para confeccionar el plano de curvas de nivel, es de esta manera que con la ayuda del trazo preliminar en un croquis que se realizó ya que cada punto en el croquis representa una estación del aparato luego de lecturar las transversales del primer punto se procedió a cambiar de estación para esto se tuvo también que lecturar el punto estación y una referencia para comprobar que los puntos leídos en la estación son confiables y no tengan

errores, el cambio de estación se hizo cuando la visibilidad no era buena ya sea por árboles, casas, cercos de piedra y en tramos curvos (curvas cerradas).

Procedimiento en Gabinete

El trabajo de gabinete consiste en el de transferir datos de la Estación Total a la computadora a través de un programa utilizado por la Estación Total SOKIA SET630RK que es conocido como “proLINK versión 1.15”conectando la Estación Total con la PC por medio del cable USB posteriormente se configuran tanto la Estación Total como el proLINK especialmente la velocidad de transferencia.

Los puntos se bajaron a la memoria interna del proLINK para posteriormente mediante diferentes procedimientos se convierten los datos spp o_backspp en block de notas (.txt) o cualquier formato que se desee, en este caso se descargaron los datos en block de notas con el nombre “LEVANTAMIENTO”.

Hoy en día se cuenta con un sin fin de programas Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop, Eagle Point, Civil 3d, etc. que nos facilitan muchas tareas con bastante precisión Autodesk Land Desktop se caracteriza por que sus funciones específicas para el desarrollo urbano y rural además de ser un interfaz fácil de usar y una gestión de datos de proyectos centralizada ayudan a compartir gran volumen de datos de diseño y de proyecto de forma precisa y eficiente, los trabajos en los cuales el programa trabaja son los siguientes:

Planimetría (producción de planos topográficos en planta).

Loteos y parcelaciones.

Modelos tridimensionales de terreno.

Curvas de nivel.

Obtención de cortes del terreno.

Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.

Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos.

Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje (este módulo no permite el diseño en alzada y su posterior cubicación).

Los archivos gráficos que se obtienen como resultado son de extensión "XXXX.dwg".

Para una idealización del terreno se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2020 .

Una vez ingresado al programa se creó un proyecto con el nombre “Diseño Geométrico” y configurando algunos componentes (escala, unidad, etc.) creado el proyecto recién el programa admite que trabajemos es decir los menús se habilitan para trabajar y posteriormente poder visualizar los puntos en la pantalla se importaron el grupo de puntos Levantamiento (block de notas).

Los puntos se reflejan en la pantalla, de tal modo que a través de un procedimiento mecanizado se obtuvieron triangulaciones entre los puntos a partir de ellos se obtuvieron las curvas de nivel, para una mejor interpretación se modelo el terreno en tres dimensiones.

PLANILLAS DE COORDENADAS

Estas planillas de coordenadas se descargan directamente de la estación total, se guardan en un formato de block de notas y/o un archivo Excel, a partir de estos archivos podemos generar mediante el programa Civil 3D, la de curvas de nivel, indicar los alineamientos más óptimos, ubicación de las obras de arte, etc.

Planillas de coordenadas están adjuntadas en Anexos.

2.3 ESTUDIOS DE SUELOS

El estudio de suelos es una de las operaciones más importantes por que comprende tanto la recolección de suelos en toda la longitud del tramo Ruta Turistica Parque Ecologico-San Jacinto, como los ensayos en el laboratorio de suelos y su posterior análisis cualitativo y cuantitativo de cada uno de ellos.

Si la obtención de muestras no ha sido cuidadosamente realizada, se corre el riesgo de dar una idea falsa del terreno de fundación, ni los mejores análisis y ensayos de laboratorio darán una información que puede ser confusa y hasta perjudicial, de esta manera se

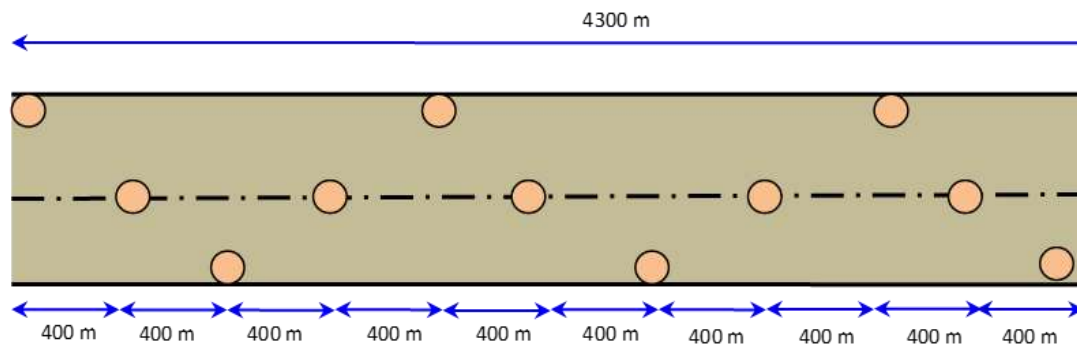
destacan dos actividades importantes, el muestreo de suelos y la realización de las pruebas necesarias en laboratorio.

2.3.1 MUESTREO DEL SUELO

La obtención de muestras de suelo se realizó mediante la perforación de pequeñas calicatas con dimensiones 60 cm de profundidad y 30 cm de diámetro, para tratar de obtener muestras que representen las características actuales de terreno se utilizó el método de los tres bolillos, que consiste en distribuir las perforaciones en forma de “zig-zag” de manera ordenada, en los bordes de la calzada actual como en el eje, la separación de las calicatas se realizaron cada 400 m.

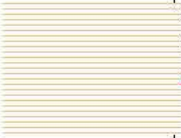
Las muestras que se obtuvieron se colocaron en bolsas plásticas para no perder la humedad natural de la subrasante.

Figura n° 7



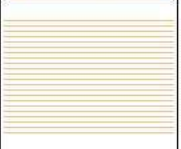
Fuente: Propia

Figura n° 8

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		el suelo presente en la parte superior es de característica granular con presencia de arena y arcilla	
0,30 mts		Presenta en su mayoría arena y arcilla, un poco de agregado <u>petreo</u>	
0,60 mts			
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : A-SP-1 REF. PLANO : 0+000 MAQUINA TIPO: MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts
El suelo se extrajo de forma manual con cincel, combo, martillo			

Fuente: Propia

Figura n° 9

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SÍMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Suelo granular con partícula fina	
0,30 mts			
0,60 mts		Suelo compuesto por arena y arcilla amarilla	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : B-SP-2 REF. PLANO : 0+400 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 10

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
			
0 mts 0,30 mts		Material granular con presencia de finos	
0,60 mts		Partículas finas como arena y arcilla	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : C-SP-3 REF. PLANO : 0+800 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 11

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Material granular con arena y arcilla	
0,30 mts			
0,60 mts		Material areno arcilloso	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : D-SP-4 REF. PLANO : 1+200 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 12

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SÍMBOLO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Suelo arenoso con material granular	
0,30 mts			
0,60 mts		suelo arcilloso y arena	
OBSERVACIONES			DESCRIPCIÓN : E-SP-5 REF. PLANO : 1+600 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIÁMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 13

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
			
0 mts		Suelo arenoso con contenido de grava	
0,30 mts			
		suelo areno - arcilloso	
0,60 mts			
OBSERVACIONES			DESCRIPCIOON : F-SP-6
			REF. PLANO : 2+000
			MAQUINA TIPO : MANUAL
			DIMENSION
			DIAMETRO PROFUNDIDAD
			0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 14

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SÍMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Suelo arcillo – limoso, poca presencia de agregado pétreo	
0,30 mts			
0,60 mts		suelo arcilloso – limoso, un poco de materia orgánica.	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : G-SP-7 REF. PLANO : 2+400 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 15

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Presencia de <u>poco</u> material granular con cierta <u>cantida</u> de arcilla y limo, presencia pequeñas piedras	
0,30 mts			
0,60 mts		Presencia de arcilla y limo, poco material granular.	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : H-SP-8
Al parecer en todo este tramo <u>corria</u> un rio antiguamente alrededor del camino se encuentran rocas de gran tamaño			REF. PLANO : 2+800
			MAQUINA TIPO : MANUAL
			DIMENSION
			DIAMETRO PROFUNDIDAD
			0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 16

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
			
0 mts		Presencia de <u>poco material granular</u> con cierta cantidad de arcilla y limo	
0,30 mts			
0,60 mts		Presencia de arcilla y limo, poco material granular.	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : I-SP-9 REF. PLANO : 3+200 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

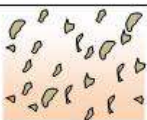
Fuente: Propia

Figura n° 17

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SÍMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Suelo con presencia arena y grava	
0,30 mts			
0,60 mts		Suelo areno-arcilloso	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : J-SP-10 REF. PLANO : 3+600 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 18

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		presenta gravas de tamaño mediano con arena	
0,30 mts			
0,60 mts		Presencia de arena con arcilla	
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : K-SP-11 REF. PLANO : 0+000 MAQUINA TIPO : 4+000 DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

Figura n° 19

MUESTREO DE SUELOS			
PROFUNDIDAD	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA DE CALICATA
0 mts		Pequeña capa de grava con arena con orgánicos	
0,30 mts		presenta una mezcla de arena con arcilla	
0,60 mts			
OBSERVACIONES			DESCRIPCION : L-SP-12 REF. PLANO : 4+300 MAQUINA TIPO : MANUAL DIMENSION DIAMETRO PROFUNDIDAD 0,15 mts 0,60 mts

Fuente: Propia

2.3.2 GRANULOMETRIA

Se llama también análisis mecánico es quizá la propiedad más característica de un suelo, es de esta manera que antes de realizar este ensayo extrajo una pequeña proporción del material para conocer el porcentaje de humedad o humedad natural.

Conocidos los porcentajes de humedad se realizó el secado del suelo durante 24 hrs con el fin de obtener muestra seca y realizar el cuarteo correspondiente solo en casos que el material fuese granular, de esta manera comienza el ensayo por tamizado manual (ASTM D422-AASHTO T88) los tamices utilizados son 21/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200.

2.3.3 LIMITES DE ATTERBERG

Los límites de atterberg se obtuvieron utilizando una pequeña proporción suelo que pasa el tamiz N° 40, de esta manera bajo ciertos procedimientos se conoce el límite líquido (ASTM D4318-AASHTO T89) y el límite plástico (ASTM D4318-AASHTO T90).

A partir de los límites de atterberg y debido a su importancia se obtuvo el índice de plasticidad (I_p) que no es sino el valor numérico de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$I_p = LL - LP \text{ ec. 01}$$

Donde:

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

2.3.4 CLASIFICACION DE SUELOS

Esta es una etapa en la que se recopilaron la información de laboratorio como es el caso granulometría, límite líquido, límite plástico, para poder realizar un análisis de todos los resultados que corresponden a las 12 muestras extraídas de campo, permitiendo así

diferenciar las características físicas y mecánicas de cada una de las muestras por separado.

El Sistema de Clasificación de Suelos SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte) son dos sistemas ampliamente utilizados para clasificar y describir suelos en ingeniería civil y geotecnia. Aquí tienes algunas justificaciones para utilizar estos sistemas:

Estandarización: Ambos sistemas proporcionan un marco estándar y uniforme para clasificar suelos. Esto facilita la comunicación entre ingenieros, geólogos y otros profesionales involucrados en proyectos de construcción y diseño de carreteras.

Información detallada: Estos sistemas permiten una descripción detallada de las propiedades y características de un suelo. Esto es fundamental para comprender cómo se comportará el suelo bajo diversas condiciones de carga y ambientales, lo que es crucial para el diseño seguro y eficiente de estructuras y carreteras.

Diseño de cimentaciones: Los sistemas SUCS y AASHTO ayudan a los ingenieros a seleccionar el tipo de cimentación más adecuado para un proyecto específico. La clasificación del suelo influye en la elección de cimientos superficiales o profundos, lo que afecta la estabilidad y el rendimiento a largo plazo de una estructura.

Evaluación de riesgos: Al conocer la clasificación de un suelo, los ingenieros pueden evaluar mejor los riesgos geotécnicos asociados con un proyecto. Esto es fundamental para evitar problemas graves como asentamientos excesivos, deslizamientos de tierra o erosión del suelo.

Cumplimiento de normativas y estándares: En muchos países, los sistemas SUCS y AASHTO están respaldados por normativas y estándares de ingeniería civil. Utilizar estos sistemas ayuda a cumplir con los requisitos regulatorios y a garantizar que un proyecto cumpla con las normas de seguridad y calidad.

Comparación de proyectos: La clasificación de suelos según estos sistemas permite a los ingenieros comparar fácilmente suelos de diferentes proyectos. Esto puede ser útil para

tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales, métodos de construcción y presupuestos.

Facilita el diseño geotécnico: Los sistemas SUCS y AASHTO proporcionan información esencial para realizar análisis geotécnicos, como el cálculo de la capacidad portante del suelo, la estabilidad de taludes y la permeabilidad del suelo. Estos cálculos son fundamentales para el diseño de infraestructuras seguras y eficientes.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Sistema de Clasificación de Suelos de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte (AASHTO) son dos sistemas de clasificación de suelos ampliamente utilizados en ingeniería civil y geotecnia. Aunque comparten similitudes en algunos aspectos, también tienen diferencias significativas:

Origen y enfoque:

SUCS: Fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. El SUCS se centra en la descripción de las propiedades de los suelos y su comportamiento bajo carga.

AASHTO: Fue desarrollado por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte. El AASHTO se enfoca específicamente en la clasificación de suelos para su uso en el diseño y construcción de carreteras y pavimentos.

Aplicación:

SUCS: Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil, no limitado a carreteras.

AASHTO: Está específicamente diseñado para la clasificación de suelos en proyectos de carreteras y pavimentos.

Notación:

SUCS: Utiliza un sistema de letras y números para representar la clasificación del suelo, como GW (suelo bien graduado) o CL (suelo de baja plasticidad).

AASHTO: Emplea una notación que combina letras y números, como A-1-a (suelo granular) o A-7-6 (suelo arcilloso).

2.3.4.1 CLASIFICACION AASHTO

La clasificación de suelos de las 9 muestras se realizó por separado bajo una tabla de clasificación, que brinda la clasificación en función a la granulometría, al límite líquido y al índice plasticidad dando como resultado lo siguiente:

$$IG = (F - 35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL - 40)] + 0,01(F - 15) \cdot (Ip - 10) \text{ ec.02}$$

Donde:

F= Porcentaje que pasa el tamiz N° 200

LL= Límite Líquido

IP= Índice de plasticidad

2.3.4.2 CLASIFICACION SUCS

La clasificación fue en base a un organigrama que para su uso se basa en la granulometría, límite líquido y el índice de plasticidad en algunos casos inspección visual obteniendo así la clasificación de las muestras, a continuación, podremos revisar los organigramas:

Tabla n° 1

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
		Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	ARENAS	Arenas limpias		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
	(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Quando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.			
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
Límite líquido menor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
Límite líquido mayor de 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.				
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				



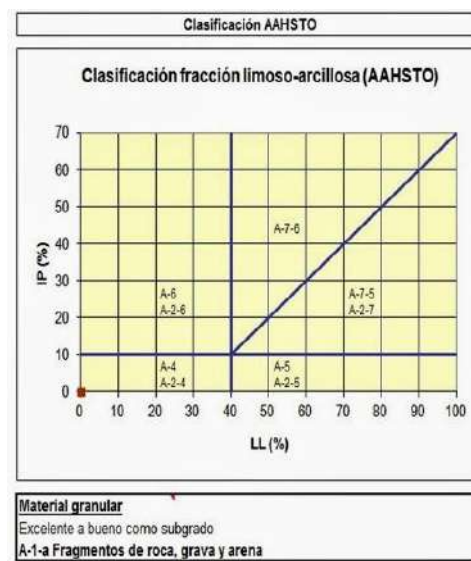
Fuente: Diseño de pavimentos UMSS

Tabla n°2

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100,00	100,00	0,00	0,00
80	100,00	100,00	0,00	0,00
63	85,40	85,40	14,60	14,60
50	75,40	75,40	24,60	10,00
40	54,30	54,30	45,70	21,10
25	44,20	44,20	55,80	10,10
20	39,70	39,70	60,30	4,50
12,5	30,00	30,00	70,00	9,70
10	27,20	27,20	72,80	2,80
6,3	24,40	24,40	75,60	2,80
5	21,60	21,60	78,40	2,80
2	18,40	18,40	81,60	3,20
1,25	16,90	16,90	83,10	1,50
0,4	12,20	12,20	87,80	4,70
0,160	8,10	8,10	91,90	4,10
0,080	6,30	6,30	93,70	1,80

Limite liquido LL	0,00 %
Limite plastico LP	0,00 %
Índice plasticidad IP	0,00 %

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	21,60 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	6,30 %
D ₆₀ :	42,70 mm
D ₃₀ :	12,50 mm
D ₁₀ (diámetro efectivo):	0,27 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	157,44
Grado de curvatura (Cc):	13,49



Fuente: Diseño de pavimentos UMSS

2.3.5 COMPACTACION

La compactación realizada a las diferentes muestras bajo el método dinámico proctor T-180 o conocido como Proctor Modificado (ASTM D422 AASHTO T180) , consiste en la determinación de la densidad máxima seca del suelo bajo cierto contenido de humedad obteniéndose así diferentes tipos de densidades en función al tipo de suelo presente identificada con su clasificación.

$$W_{ss} = \frac{W_{SH}}{(100 + w)} \cdot 100 \quad \text{ec. 03}$$

Donde:

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

W_{SH} = Peso de suelo húmedo (kg)

w = Porcentaje de humedad (%)

$$\gamma_D = \frac{W_{ss}}{V} \quad \text{ec. 04}$$

Donde:

γ_D = Densidad de suelo seco (kg/cm³)

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

V = Volumen de la muestra (cm³)

2.3.6 RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

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 óptima pero bajo diferentes número de golpes correspondiendo a 12, 25, 56 golpes para posteriormente sumergirlo en agua durante 4 días obteniendo 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 TOLOMOSA).

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

Ecuación del anillo de 6000 lb de capacidad usada en el laboratorio donde se trabajo.:

$$y = 7,33 \cdot x + 25,1 \text{ ec. 05}$$

Donde:

y= Carga de ensayo (lb)

x= Deformación (mm)

$$q = 0,07031 \cdot \frac{y}{A} \text{ ec. 06}$$

Donde:

q= Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

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

A=Área del pistón 3 pulg² (cm²)

$$CBR_{0,1} = \frac{q}{70,31} \cdot 100 \text{ ec. 07}$$

$$CBR_{0,2} = \frac{q}{105,4} \cdot 100 \quad \text{ec. 08}$$

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/cm^2)

$$\text{exp} = \frac{|L_f - L_i|}{h} \cdot 100 \quad \text{ec. 09}$$

Donde:

exp: expansión (%)

L_f = Lectura final (mm)

L_i = Lectura inicial (mm)

h=altura del espécimen (mm)

2.3.7 RESULTADOS

Los resultados de los ensayos de las muestras de suelo se indican en la siguiente tabla

Tabla n° 3

MODULO RESILIENTE SUBRASANTE								
PROGRESIVA		CLASIFICACION	DEN. MAX. (Gr/Cm3)	HUM. OP. (%)	CBR			MR (Mpa)
						0,1"	0,2"	
0+000	0+400	A-2-4	2,002	9,6	D. MAX 95%	21	28	117,93
					D. MAX 98%	27	39	
					D. MAX 100%	32	19	
0+400	0+800	A-2-4	2,023	9	D. MAX 95%	20	28	114,80
					D. MAX 98%	29	39	
					D. MAX 100%	39	50	
0+800	1+200	A-2-4	2,037	8,8	D. MAX 95%	20,5	23	116,37
					D. MAX 98%	31	37,5	
					D. MAX 100%	41	53	
1+200	1+600	A-2-4	2,017	8,6	D. MAX 95%	19,2	25	112,26
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	32	46	
1+600	2+000	A-2-4	2,029	8,1	D. MAX 95%	22	25	120,98
					D. MAX 98%	34	39	
					D. MAX 100%	46	54	
2+000	2+400	A-2-4	1,986	7,6	D. MAX 95%	22	25	120,98
					D. MAX 98%	34	39	
					D. MAX 100%	46	54	
2+400	2+800	A-2-4	2,021	9	D. MAX 95%	19,5	25	113,22
					D. MAX 98%	25	37	
					D. MAX 100%	30	48	
2+800	3+200	A-2-4	2,09	10,1	D. MAX 95%	19,7	28	113,85
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	31	45	
3+200	3+600	A-2-4	1,986	7,6	D. MAX 95%	23	27	123,98
					D. MAX 98%	34,5	42,5	
					D. MAX 100%	45	58	
3+600	4+000	A-2-4	1,997	8,2	D. MAX 95%	23,2	29	124,57
					D. MAX 98%	33,2	42,5	
					D. MAX 100%	43	54	
4+000	4+400	A-2-4	2,017	8,6	D. MAX 95%	19,5	25	113,22
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	32	46	
4+400	4+800	A-2-4	1,989	8	D. MAX 95%	25	33,2	129,80
					D. MAX 98%	32,5	41,5	
					D. MAX 100%	40	49	

Fuente: Propia

2.4 ESTUDIO DE TRAFICO

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

Definiciones generales:

Eje sencillo: es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.

Eje tándem: es aquel constituido por los ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

Eje tridem: es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

Vehículos livianos: son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.

Vehículos comerciales: son aquellos de más de 5 toneladas de capacidad tales como buses, camiones, remolques, etc.

Transito promedio diario: es el volumen de tránsito durante un periodo de tiempo, dividido por el número de días del periodo. Se abrevia TPD.

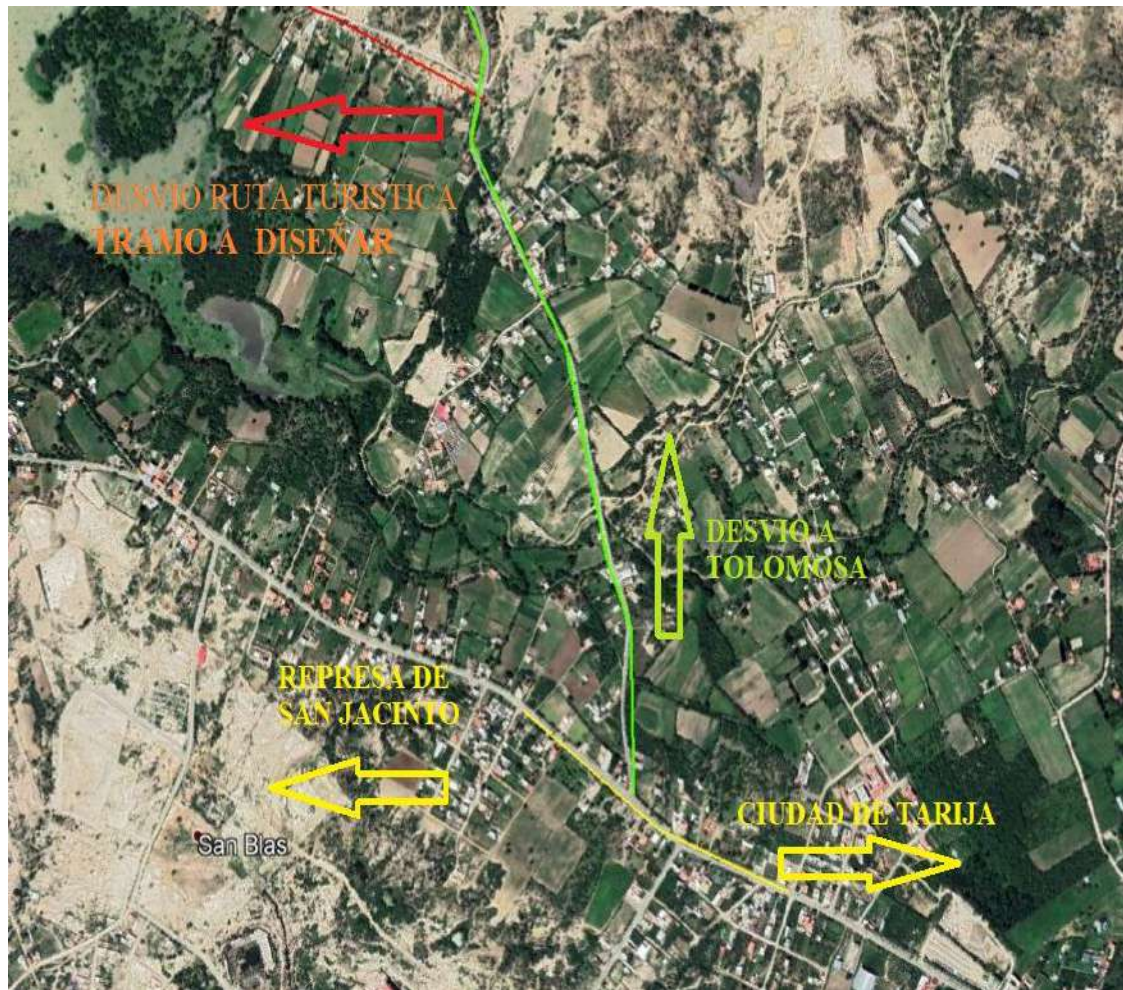
Nivel de servicio: es una medida de la calidad del flujo del tránsito por la vía. Se cuantifica con una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, seguridad y los costos de operación.

Capacidad: la capacidad de una vía o de un carril es el número máximo de vehículos que puede circular por una u otra durante un periodo de tiempo determinado sin que presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.

El estudio de tráfico del tramo Ruta Turística del Parque Ecológico tiene como objetivo determinar el volumen tráfico que circula a lo largo del tramo para esto existen técnicas y métodos de estudio.

La estación de aforo que se localizó es en una intersección del ingreso a la comunidad Tolomosa centro y la carretera a la comunidad de tolomosa, a la altura del km 1.5 km de

Figura n° 21



Fuente: Google Earth

Figura n°22



Fuente: Propia

2.4.1 VOLUMEN DE TRANSITO

Se realizó el aforo durante siete días (una semana) consecutivos las 14 horas del día de 5:00 am a 19:00 pm, realizándolo de manera personal el llenando de tablas de aforo separando los vehículos según su peso: trafico liviano (Automóviles, camionetas pequeñas, vagonetas), mediano (pasajeros: ómnibus, carga: camionetas medianas) y pesado (camiones).

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO.-La proyección de tránsito de un sistema de transporte se puede estimar con anticipación bajo ciertas hipótesis la magnitud del tráfico durante un período determinado que considera dos aspectos importantes técnicos y económicos.

Crecimiento geométrico:

$$V_n = \left(V_o + \frac{i}{100} \right)^n \quad \text{ec. 10}$$

Donde:

V_n: Volumen futuro (Veh/dia)

V_o: Volumen inicial (Veh/dia)

i: Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

n: Período de diseño (años)

Se realizará la predicción del tráfico futuro bajo la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija tomando en cuenta los diferentes tipos de tránsito.

TRÁNSITO ACTUAL.- Es el volumen de tránsito que normalmente circula por la vía antes de su refacción.

TRÁNSITO DESVIADO O INDUCIDO.- Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o se mejora.

Para generar este tráfico será en base al método gravitacional.

TRÁNSITO GENERADO. - Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera y por el desarrollo de la zona por donde cruza.

Para conocer el tránsito inducido se realiza una encuesta Origen – Destino a conductores de vehículos.

$$T_{1-2} = T_1 \left(\frac{\frac{M_2}{D_{1-2}^x}}{\frac{M_2}{D_{1-2}^x} + \frac{M_3}{D_{1-3}^x} + \dots + \frac{M_n}{D_{1-n}^x}} \right) \quad \text{ec. 11}$$

Donde:

T_{1-2} : Numero de viajes (viajes)

T_1 : Numero de viajes (viajes)

M_1 : Área de la zona 1 Tolomosa (m^2)

M_2 : Área de la zona 2 Tolomosita (m^2)

D_{1-2}^x : Tiempo de viaje a la zona 2 (min)

D_{1-3}^x : Tiempo de viaje a la zona 1 (min)

D_{1-n}^x : Tiempo de viaje a la zona n (min)

x: exponente empírico asumido 2

2.4.1.1 RESULTADOS DEL AFORO

Tabla n° 4

RESUMEN DE AFOROS

DIA	DESVIO						DESVIO					
	Tolomosa – Parque Ecologico			Parque Ecologico - Tolomosa			Tarija - Tolomosa			Tolomosa - Tarija		
	LIVANO	MEDIANO	PESADO	LIVIANO	MEDIANO	PESADO	LIVANO	MEDIANO	PESADO	LIVIANO	MEDIANO	PESADO
LUNES	13	3	2	15	2	2	50	15	15	39	12	17
MARTES	17	5	1	13	3	1	43	17	17	39	12	18
MIERCOLES	14	4	2	12	2	2	43	15	16	42	13	16
JUEVES	22	5	3	19	6	1	30	26	14	38	25	11
VIERNES	24	4	3	23	2	3	45	15	15	33	15	13
SABADO	18	5	1	16	4	1	47	7	8	47	8	3
DOMINGO	19	5	3	18	7	2	30	22	14	34	25	8

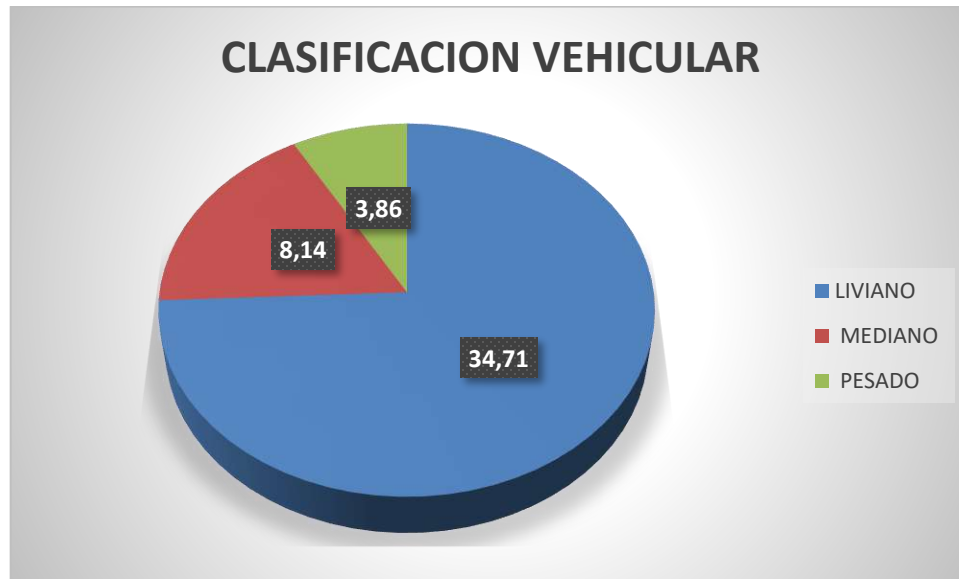
Fuente: Propia

Tabla n° 5

DIAS	HORAS	VOLUMENES TOTALES EN AMBOS SENTIDOS			TOTAL
		LIVIANO	MEDIANO	PESADO	
LUNES	14	28	5	4	37
MARTES	14	30	8	2	40
MIERCOLES	14	26	6	4	36
JUEVES	14	41	11	4	56
VIERNES	14	47	6	6	59
SABADO	14	34	9	2	45
DOMINGO	14	37	12	5	54
TPDS* =		35	8	4	

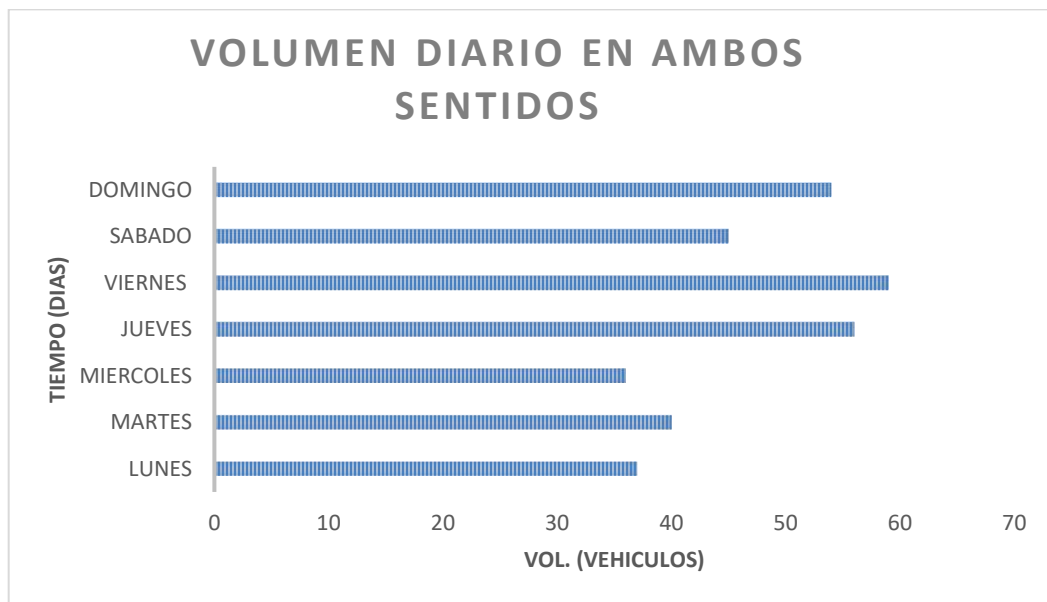
Fuente: Propia

Figura n° 23



Fuente: Propia

Figura n° 24



Fuente: Propia

TPDS=	46.7143	VEH/DIA
-------	---------	---------

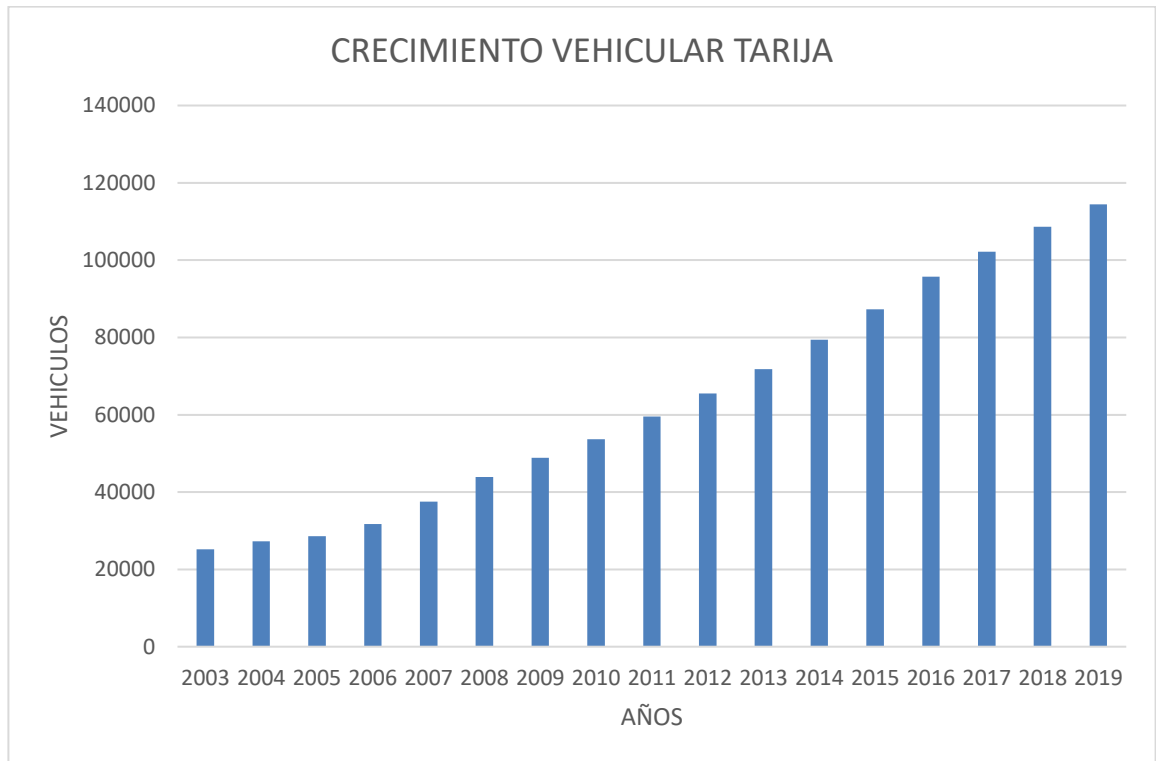
PROYECCION DE TRANSITO

Tabla n° 6

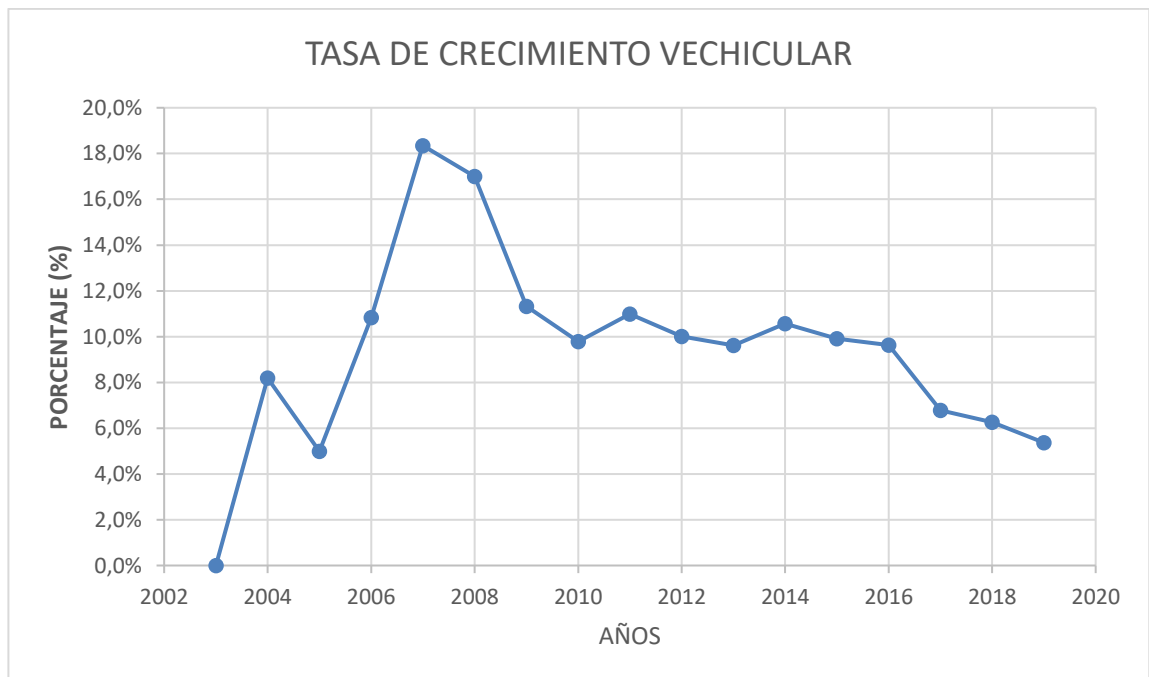
AÑO	VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENTO
2003	25189	0.0%
2004	27254	8.2%
2005	28612	5.0%
2006	31711	10.8%
2007	37529	18.3%
2008	43910	17.0%
2009	48884	11.3%
2010	53668	9.8%
2011	59568	11.0%
2012	65533	10.0%
2013	71835	9.6%
2014	79431	10.6%
2015	87301	9.9%
2016	95711	9.6%
2017	102203	6.8%
2018	108596	6.3%
2019	114423	5.4%
PROMEDIO =		9.4%

Fuente: Alcaldía

Figura n° 25



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Tabla n° 7

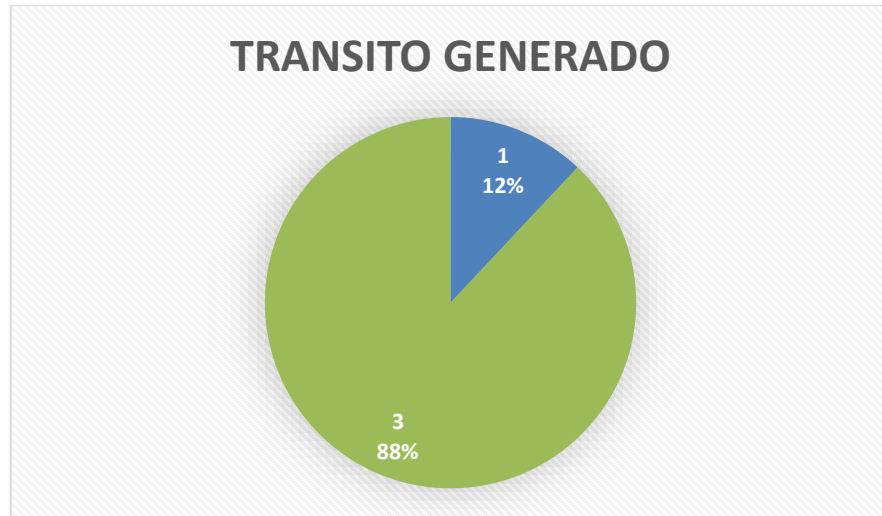
ORIGEN - DESTINO					ORIGEN - DESTINO				
N°	TOLOMOSA – DESVIO (RUTA ECOLOGICA)		TOLOMOSA - TOLOMOSITA		N°	TOLOMOSA – DESVIO (RUTA ECOLOGICA)		TOLOMOSA - TOLOMOSITA	
	Si	No	Si	No		Si	No	Si	No
1			1		26			1	
2			1		27			1	
3			1		28			1	
4			1		29			1	
5			1		30			1	
6			1		31			1	
7	1				32			1	
8	1				33	1			
9			1		34			1	
10			1		35			1	
11			1		36			1	
12			1		37	1			
13	1				38			1	
14			1		39			1	
15			1		40			1	
16			1		41			1	
17			1		42			1	
18			1		43			1	
19			1		44			1	
20			1		45			1	
21			1		46			1	
22	1				47			1	
23			1		48			1	
24			1		49			1	
25			1		50			1	
26			1		TOTAL =	6		44	

Fuente: Propia

Esta tabla es el resultado de una encuesta realizada a distintos pasajeros puntualmente sobre su destino, y sobre su preferencia a tener como una opción una ruta alternativa que este en buen estado y transitable.

La mayoría se expresó que su destino era otro al que nos interesa, pero los pocos que se dirijan hacia la ruta en estudio, dijeron les gustaría visitar la zona si estuviera condiciones favorables.

Figura n° 26



Fuente: Propia

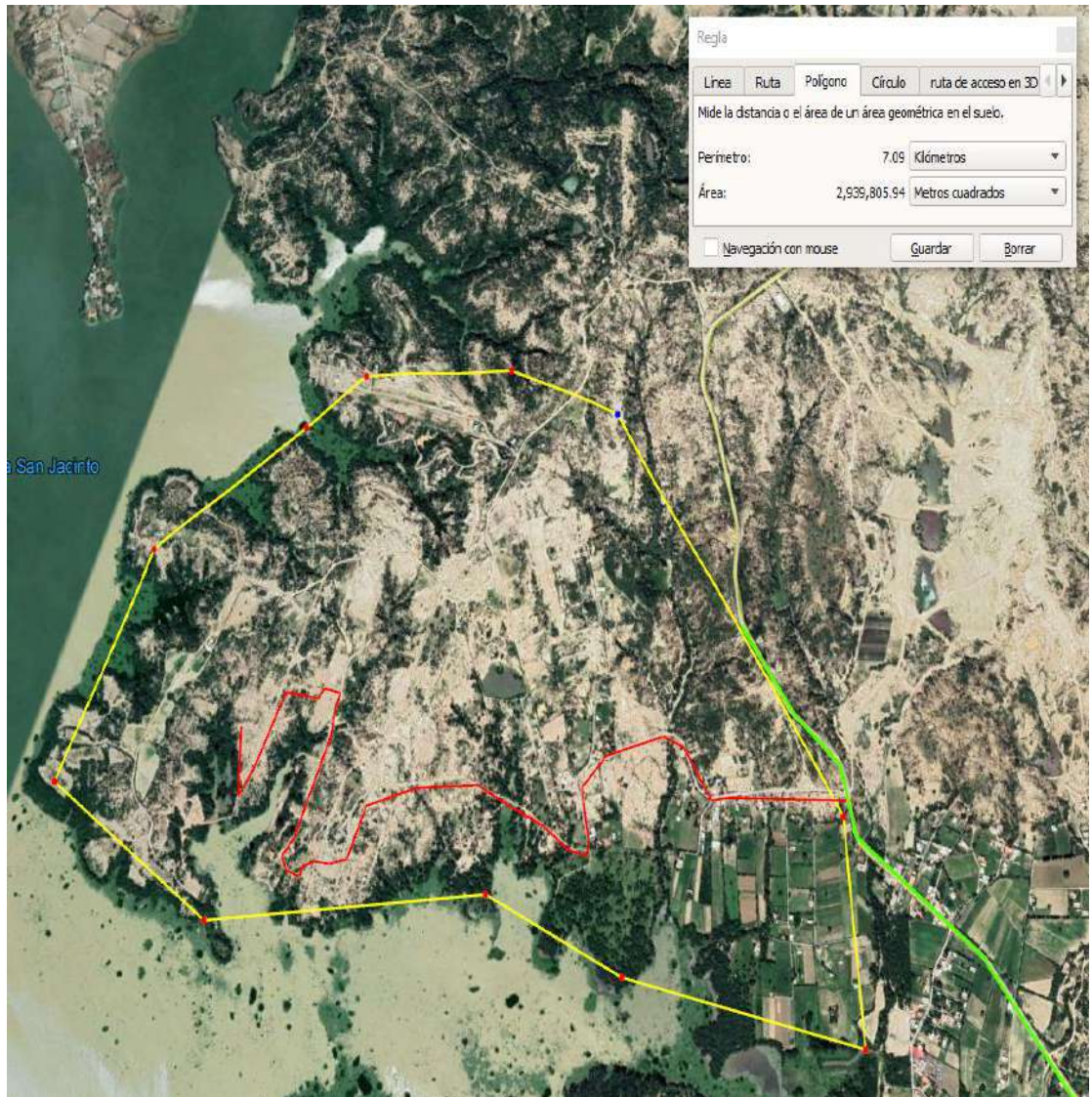
<u>TRANSITO GENERADO :</u> <u>12%</u>

TRANSITO INDUCIDO

$$T_{1-2} = T_1 \left(\frac{\frac{M_2}{D^x_{1-2}}}{\frac{M_2}{D^x_{1-2}} + \frac{M_3}{D^x_{1-3}} + \dots + \frac{M_n}{D^x_{1-n}}} \right) \quad \text{ec. 12}$$

ZONA 2

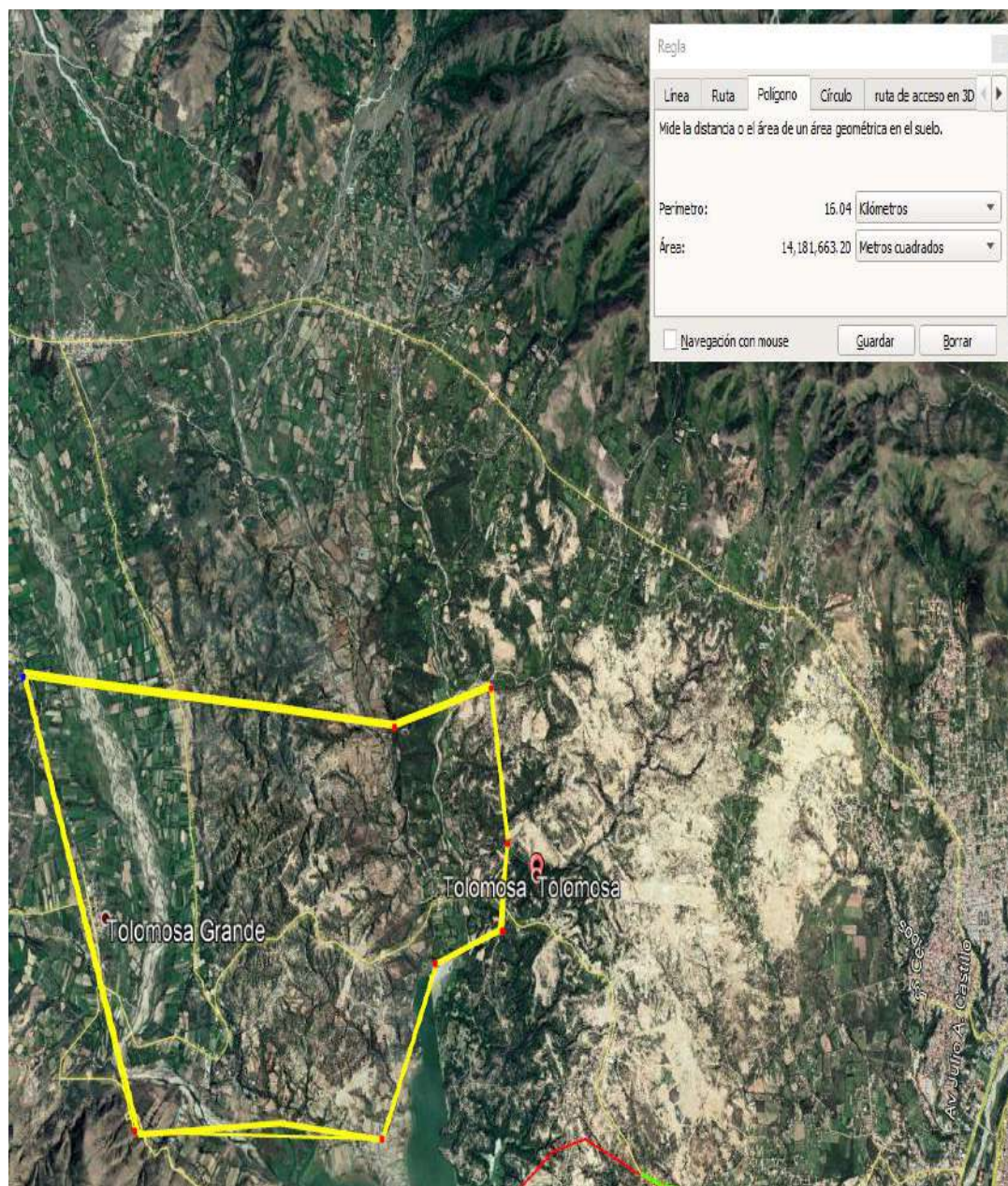
Figura n° 27



Fuente: Google Earth

ZONA 1

Figura n° 28



Fuente: Google Earth

Tabla n° 8

TRANSITO INDUCIDO		
ZONA 1		
Área (M1) :	14181663,2	m^2
Tiempo de Viaje (D1) :	50	min
Exp. Empírico (X) :	2	
ZONA 2		
Área (M2) :	2939805,9	m^2
Tiempo de Viaje (D2) :	5	min
Exp. Empírico (X) :	2	
ZONA 3		
Zona Estación		
Número de Viajes (T):	50	
METODO GRAVITACIONAL		
$T_{1-2} = T_1 \cdot \left(\frac{\frac{M_2}{D_{1-2}^x}}{\frac{M_2}{D_{1-2}^x} + \frac{M_3}{D_{1-3}^x} + \dots + \frac{M_n}{D_{1-n}^x}} \right)$		
Tp-1:	47	viajes
Tp-2:	3	viajes
TOTAL :	50	viajes



Trafico inducido =	5%
--------------------	----

Fuente: Propia

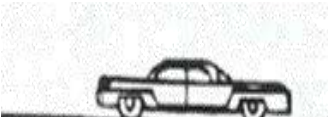
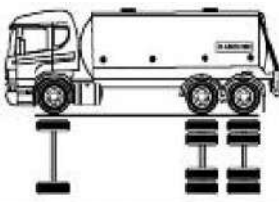
Tabla n° 9

TRAFICO ACTUAL		
Transito generado	12.00	%
transito inducido	5.00	%
TPDS*	47	
TPDS	55.0	
TRAFICO FUTURO		
Volumen inicial (Vo)	55	
Tasa de crecimiento (i)	9.4	
Numero de años (n)	15	
ECUACION		
$Vn = Vo \cdot (1 + i)^n$		
VOL. FUTURO	211.65	Veh/Año

Fuente: Propia

2.4.2 CARGAS DEL PROYECTO

Tabla n° 10

VEHICULO TIPO				
VEHICULO LIVIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	3,35	0,9	0,45	0,45
VEHICULO MEDIANO				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	5,5	2	1,00	1,00
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	5,5	2	1	1
VEHICULO PESADO (1RS-2RD)				
	Longitud (m)	Peso max. (tn)	Peso por eje	
			Delantero	Trasero
	10	20	4	16
	Servicio Nacional de Caminos			
	Longitud	Peso max.	Delantero	Trasero
	12.25	25	7	18

Fuente: Servicio Nacional de Caminos

Las cargas de proyecto son de vital importancia para el diseño de pavimentos, que están expresados en el cálculo de los ejes equivalentes es de esta manera. En la figura anterior se explican cargas que se estiman según la ABC.

Asumimos estos pesos por eje según la ley N°441 “Ley de control de pesos y dimensiones vehiculares” promulgada el 2013, para eje sencillo y eje tándem de 4 llantas, respectivamente.

2.4.3 CALCULOS DE EJES EQUIVALENTES

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil.

El tránsito es mixto, está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes, esto produce las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento, y estas producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga.

Consideraciones para el cálculo de los ejes equivalentes:

Debido a las diferentes cargas y deformaciones, este método adopta una carga uniformizada según AASHTO es de 80KN o 18 kips.

El flujo vehicular que circula de la ruta Tarija-San Jacinto-Tolomosa se clasifican en livianos, medianos, pesados, 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 como indicamos anteriormente.

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

Para la determinación y cálculo de los ejes equivalentes se requiere el uso de factores de camión para cada clase particular de vehículo, principalmente para camiones pesados.

Esto debe hacerse usando los pesos límites de cada vehículo conforme se establece en la siguiente Tabla:

Tabla n° 11

Límite de peso por eje

Tipo de Vehículo	Tipo de eje del tractor				Tipo de eje del semiremolque			Total Toneladas
	Eje simple direccional	Eje de tracción			Eje de arrastre			
		Eje Simple	Doble rueda	Triple rueda	Eje Simple	Doble rueda	Triple rueda	
C2	5.00	10.00						15.00
C3	5.00		16.50					21.50
C4	5.00			20.00				25.00
T2-S1	5.00	9.00			9.00			23.00
T2-S2	5.00	9.00				16.00		30.00
T2-S3	5.00	9.00					20.00	34.00
T3-S1	5.00		16.00		9.00			30.00
T3-S2	5.00		16.00			16.00		37.00
T3-S3	5.00		16.00				20.00	41.00
Otros	----	----	----	----	----	----	----	Variable

Fuente: Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras, SIECA, 2000.
Resolución 02-01 COMITRAN XXIII.

Seguidamente en la siguiente Tabla, se obtiene el porcentaje de la tasa anual de crecimiento vehicular, que se usara y el periodo de diseño de la estructura de pavimento, lo que nos da el factor de crecimiento de tránsito.

Tabla n° 12

Factores de crecimiento de tránsito

Período 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

El índice de serviciavilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural o normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de 5 (perfecto); y un pavimento en franco deterioro un valor de 0 (pésimas condiciones)

A la diferencia entre estos dos se le conoce como la perdida de serviciavilidad ΔPSI o sea el índice de serviciavilidad presente.

Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes.:

Índice de serviciavilidad inicial:

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Índice de serviciavilidad final:

$P_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Entonces para calcular los ESAL's que se aplicara a una estructura de pavimento es necesario asumir en primera instancia, para pavimentos flexibles el número estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas y para pavimentos rígidos el espesor de la losa que se necesita para las cargas que se van a imponer; también se tendrá que asumir el índice de serviciavilidad final aceptable, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según le tipo de carretera.

Tabla n° 13

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Instituto de asfalto

Tabla n° 14

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
8	0.0009	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007
10	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
12	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
14	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005
16	0.010	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009
18	0.016	0.019	0.019	0.017	0.015	0.015
20	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
22	0.034	0.042	0.042	0.038	0.035	0.034
24	0.049	0.058	0.060	0.055	0.051	0.048
26	0.068	0.080	0.083	0.077	0.071	0.068
28	0.093	0.107	0.113	0.105	0.098	0.094
30	0.125	0.140	0.149	0.140	0.131	0.126
32	0.164	0.182	0.194	0.184	0.173	0.167
34	0.213	0.233	0.248	0.238	0.225	0.217
36	0.273	0.294	0.313	0.303	0.288	0.279
38	0.346	0.368	0.390	0.381	0.364	0.353
40	0.434	0.456	0.481	0.473	0.454	0.443
42	0.538	0.560	0.587	0.580	0.561	0.548
44	0.662	0.682	0.710	0.705	0.686	0.673
46	0.807	0.825	0.852	0.849	0.831	0.818
48	0.976	0.992	1.015	1.014	0.999	0.987
50	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	3.10	3.05	2.98	2.95	2.99	3.04
64	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: Instituto de asfalto

Tabla n° 15

Factores de equivalencia de cargas

Cargas por eje		Factores equivalentes de carga		
kN	Lbs	Eje simple	Eje tándem	Eje tridem
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.0	7.45
364.7	82,000		32.0	8.2
373.6	84,000		35.3	8.9
382.5	86,000		38.8	9.8
391.4	88,000		42.6	10.6

FUENTE: Instituto del Asfalto (MS-1) 1.991

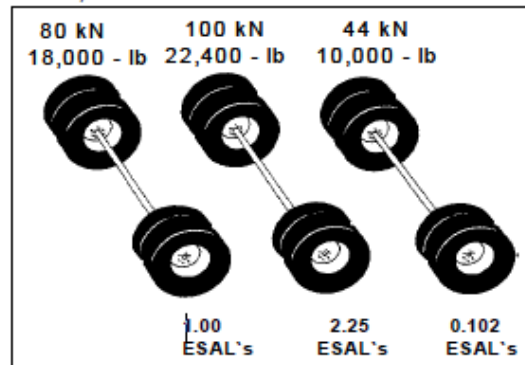
2.4.3.1 RESULTADO CALCULOS DE EJES EQUIVALENTES

Asumiendo las cargas tipo de un camión de eje simple para el cálculo de ejes equivalentes

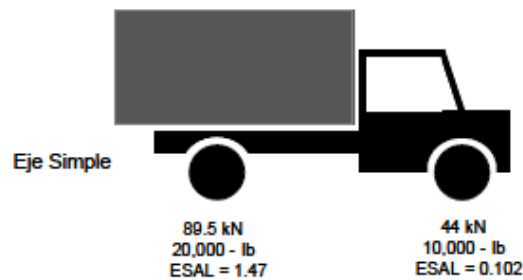
Figura n° 29

Factores de equivalencia de la carga

SN = 4, Índice de Serviciabilidad final = 2.5

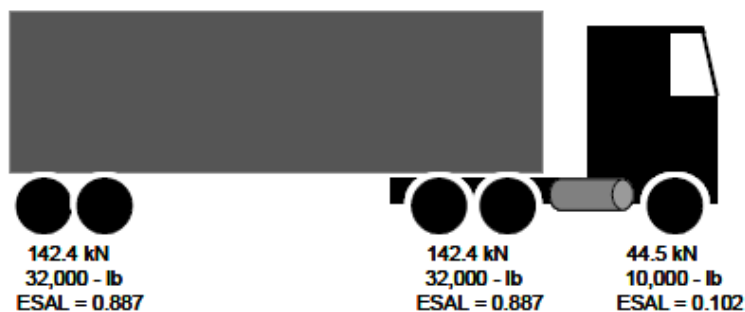


Ejes simples



Peso Bruto
133.5 kN
30,000 - lb
Factor de Camión
1.572

Eje Tándem



Peso Bruto
239.3 kN
74,000 - lb
Factor de Camión
1.876

Fuente: Diseño de pavimentos ICBH

Tabla n° 16

TIPO DE EJE	Ton	Kips	KN
EJE SIMPLE	4,00	8,82	39,23
EJE SIMPLE	7,00	15,4324	68,6466
EJE TANDEM	12,50	27,55	122,58

Fuente: Propia

RESUMEN DE AFOROS

DIAS	HORAS	VOLUMENES TOTALES EN AMBOS SENTIDOS			TOTAL
		LIVIANO	MEDIANO	PESADO	
LUNES	14	28	5	4	37
MARTES	14	30	8	2	40
MIERCOLES	14	26	6	4	36
JUEVES	14	41	11	4	56
VIERNES	14	47	6	6	59
SABADO	14	34	9	2	45
DOMINGO	14	37	12	5	54
TPDS		34,71	8,14	3,86	

Fuente: Propia

Tabla n° 17

Proyecto: Diseño Ruta ecologica San Jacinto			Periodo de diseño				15		
			SN				4		
			Indice de Serviciabilidad				2		
Tipo de vehiculo	Carga por eje (kips)	Tipo de eje	Cantidad de vehiculos	Factor de crecimiento	Transito de diseño	N° de ejes	LEF'S	FC	N° ESAL's
LIVIANOS (autos, vagonetas, otros livianos)	8,82	simple	35	25,13	321035,75	35	0,033	0,1697	54473,6193
MEDIANO (buses, camion pequeño)	15,4	simple	8	25,13	73379,6	8	0,612	0,1697	12451,113
PESADOS (volqueta de 5 m3)	27,55	tandem	4	21,58	31506,8	4	0,481	0,1697	5346,10064
							ESAL's		72270,833

Factor distribucion por carril (Fc)	1
Factor direccional (Fd)	1

	Fd	Fc	Esal's
ESAL's de Diseño =	1	1	72270,833
ESAL's de Diseño =	7,23E+04		

Fuente: Propia (Manual completo de diseño de pavimentos UMSS.)

2.5 DISEÑO GEOMETRICO

El diseño geométrico es el primer aspecto que se considera al diseñar una carretera o camino, corresponderá a definir un eje longitudinal tratando de ajustar curvas mejorando así sus condiciones geométricas, el diseño en planta como perfil de tal manera que ofrezca seguridad, comodidad y estética para el conductor como para los peatones.

2.5.1 PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO

Los parámetros de diseño geométrico juegan un papel muy importante, ya que se toma en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costo en consecuencia permite adopción de diferentes conceptos expresados en valores numéricos, adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC.

Los Parámetros de Diseño adoptados, luego de un análisis de tablas y escogiendo cuidadosamente el tipo de carretera según el uso que se está proyectando para el mismo, el tráfico proyectado y la categoría de la misma, tenemos el siguiente resultado:

2.5.1.1 DERECHO DE VIA

El derecho de vía es la faja de terreno dentro de la cual se alojan el camino o carretera y sus servicios auxiliares, la anchura mínima absoluta es de 25m a cada lado del eje de la vía adoptado para el tramo Ruta Turística del Parque Ecológico-San Jacinto.

2.5.1.2 CATEGORIA DE LA VIA

Para definir la categoría, se utilizaron dos factores fundamentales como el volumen de tráfico y la topografía, en consecuencia, de un análisis mecánico se obtuvo la siguiente clasificación:

Tabla n° 18

Clasificación de categorías

CATEGORIA		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)		120-100-80 LL - O - M	100-90-80 LL - O - M	100-90-80 LL - O - M	80-70-60 LL - O - M	70-60-50-40 LL - O - M	50-40-30 LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONAL ES O	BIDIRECCIONALES O	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al transito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideracion principal	Continuidad de transito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de transito Consideracion secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso de vehiculos	Control parcial de acceso		Consideracion primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas Autorrutas Primarios (colectores)	Autorrutas, autorrutas primarios colectores	Autopistas, autorrutas prim. Y colectores (locales)	Todos	(primarias) colectores, locales desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces intersecciones (acc. Directo)	Todos	(Interseccion) Acceso directo	Acceso directo
CALIDAD DE 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 (proximo a inestable)	(Libre) Estable (Proximo a inestable)	Estable con restriccion (proximo inestable)	Restringido por movimientos hacia desde la propiedad	
TRANSITO	Velocidad de Op. (1) (3) Según demanda Rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 80 km/h	50 - 25 km/h
	Volumenes típicos al año inicial TPDA	UD > 10000 confirmar fact. Economica	UD > 5000	BD > 1500 3000	UD > 500 caso especial	Transito y composicion variable según el tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
	Tipo de vehículo	Solo veh. Diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehiculos motorizados y autorizaciones especiales	Vehiculos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehiculos	Vehículo liviano y camiones medianos	

Fuente: Instituto de asfalto

2.5.1.3 TIPOS DE VELOCIDADES EN EL DISEÑO

Las velocidades consideradas en este proyecto

Velocidad de proyecto (V_p).-este tipo de velocidad permite definir las características mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad.

Velocidad Específica (V_e).-es la máxima velocidad que puede circular un vehículo a lo largo del trazado en condiciones de seguridad y comodidad.

Velocidades específicas en curvas horizontales

Tabla n° 19

I CARRETERAS Autopistas - Autorrutas - Primarios

R (m)	e%	Ve (km/h)	f
250	8,0	80,1	0,122
300	8,0	86,6	0,117
330	8,0	90,1	0,114
350	8,0	92,3	0,112
400	8,0	97,5	0,107
425	8,0	99,9	0,105
450	8,0	102,2	0,103
500	8,0	106,6	0,099
540	8,0	109,9	0,096
550	8,0	110,7	0,095
600	8,0	114,5	0,092
650	8,0	118,1	0,089
700	8,0	121,4	0,086
720	7,9	122,5	0,085
750	7,8	124,1	0,084
800	7,5	126,2	0,082
850	7,2	128,1	0,080
900	7,0	130,2	0,078
950	6,7	> 130	0,077
1000	6,5	> 130	0,075
1200	5,7	> 130	0,070
1500	4,8	> 130	0,064
1800	4,2	> 130	0,059
2000	3,8	> 130	0,056
2200	3,6	> 130	0,054
2500	3,2	> 130	0,050
2800	3,0	> 130	0,047
3000	2,8	> 130	0,045
3500	2,5	> 130	0,041
4000	2,3	> 130	0,038
4500	2,1	> 130	0,035
5000	2,0	> 130	0,032
7000	2,0	> 130	0,022

Fuente: Instituto de asfalto

Tabla n° 20

II CAMINOS

Colectores - Locales - Desarrollo

R (m)	e %	Ve (km/h)	f
25	7,0	30,1	0,215
30	7,0	32,7	0,211
40	7,0	37,2	0,203
50	7,0	41,1	0,197
60	7,0	44,6	0,191
70	7,0	47,7	0,186
80	7,0	50,5	0,181
90	7,0	53,1	0,177
100	7,0	55,5	0,173
120	7,0	59,9	0,166
150	7,0	65,6	0,156
180	7,0	70,6	0,148
200	7,0	73,5	0,143
220	7,0	76,3	0,138
250	7,0	80,1	0,132
300	7,0	84,7	0,118
350	7,0	90,3	0,113
400	6,6	94,5	0,110
450	6,1	97,9	0,107
500	5,7	101,1	0,104
550	5,4	104,1	0,101
600	5,1	106,8	0,099
700	4,5	>110	0,095
800	4,1	>110	0,091
900	3,8	>110	0,087
1000	3,5	>110	0,084
1200	3,1	>110	0,079
1500	2,7	>110	0,072
1800	2,4	>110	0,066
2000	2,3	>110	0,063
2500	2,0	>110	0,056
3000	2,0	>110	0,050
3200	2,0	>110	0,047

Fuente: Instituto de asfalto

2.5.1.4 PENDIENTE

La pendiente expresada comúnmente en porcentaje (%) representa un problema en un proyecto de diseño geométrico y debe solucionarse con mucho cuidado ya que pendientes muy bajas obligan a altos costos de construcción y pendientes altas influyen en el costo de transporte por que disminuye la velocidad, aumentando así el gasto de combustible por kilometro y el desgaste de los vehículos afectando a si a la economía del proyecto.

La ABC distingue varios tipos de terrenos en función a la topografía como ser: Terreno Llano, Terreno Ondulado, Terreno Montañoso

Tabla n° 21

Pendientes para identificar el tipo de terreno

TERRENO	PENDIENTE	DESCRIPCION
LLANO	$\pm 3 \%$	- Libres de obstáculos naturales - Poco uso de elementos de DG mínimo
ONDULADO	3 - 6 %	- Relieve con frecuentes cambios de cota - uso de elementos de DG mínimo
MONTAÑOSO	4 - 9 %	- Constituido por cordones montañosos - Puede obligar a usar curvas de retorno

Fuente: Manual ABC

Tabla n° 22

Pendientes máximas de la rasante

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	(-1)	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: Manual ABC

2.5.1.5 LONGITUD DE RECTAS

La tendencia actual en el diseño de carreteras es tratar de prescindir de las rectas, de esta manera se establecen algunas condiciones en cuanto a su uso.

a) Longitudes máximas en rectas.-

$$L_r = 20 \cdot V_p \quad \text{ec. 13}$$

Donde:

L_r : Longitud máxima de recta en carreteras bidireccionales (m)

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

b) Longitudes mínimas en rectas.-

Las longitudes mínimas están asociadas a las curvas sucesivas en el mismo sentido o en “S”

-Tramos rectos intermedios (Curvas en “S”).-

$$L_{rmin} = 1,4 \cdot V_p \text{ ec. 14}$$

Donde:

L_{rmin} : Longitud de recta mínima en carreteras bidireccionales (m)

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

-Tramo recto en curvas del mismo sentido.-

Tabla n° 23

Longitud de rectas en el mismo sentido

V_p (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montaños o	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Fuente: Manual ABC

2.5.1.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA DAR PARAR, DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE SOBREPASO, DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

Distancia de Frenado. -

Llamada también distancia de frenado “Df” 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 compuesto por dos factores: la distancia que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor observa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia recorrida durante el frenado.

$$Df = d' + d'' \text{ ec. 15}$$

$$Df = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 \pm i)} \text{ ec. 16}$$

Donde:

Df =Distancia de frenado (m)

V=Velocidad de proyecto (km/h)

f₁=Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i= pendiente longitudinal (m/m)

t= Tiempo de reacción y percepción (seg.)

Distancia de visibilidad de sobrepaso. -

Llamada también distancia de adelantamiento “Da” referida a la distancia necesaria para que un vehículo pueda pasar a otro u otros que desplazan por el mismo carril a velocidad inferior a la de proyecto.

Tabla n° 24

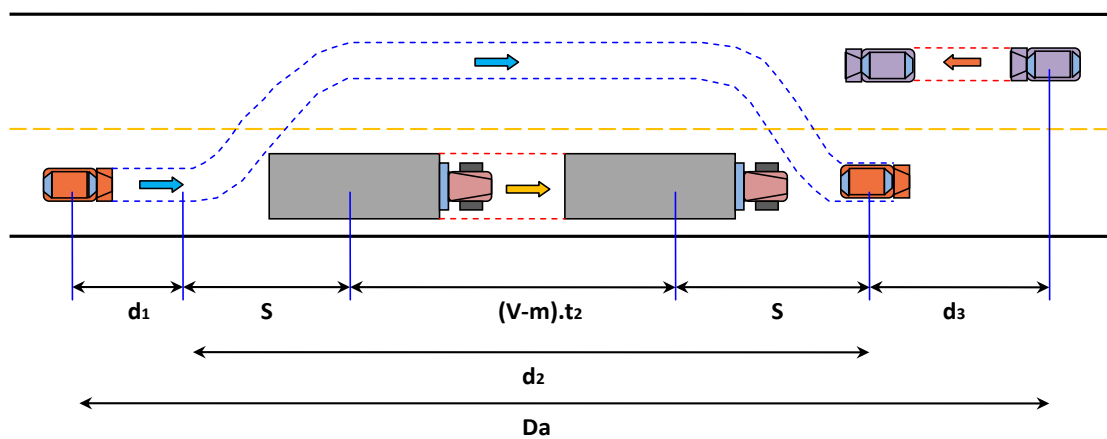
Distancia de adelantamiento

V_p (km/h)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Manual ABC

Figura n° 30

Grafica de la distancia de adelantamiento



Fuente: Propia

$$D_a = d_1 + d_2 + d_3 \quad \text{ec. 17}$$

$$m = V_1 - V_2 \quad S = 0,189 \cdot (V_p - m) + 6$$

$$D_a = \frac{(V_p - m)}{3,6} \cdot t_1 + 2 \cdot S + \frac{(V_p - m)}{3,6} \cdot t_2 + \frac{V_p}{3,6} \cdot t_2 \quad \text{ec. 18}$$

Donde:

D_a =Distancia de adelantamiento (m)

V_1 =Velocidad de proyecto (km/h)

m =Diferencia de velocidades entre los dos vehículos (km/h)

S =distancia mínima entre los dos vehículos (m)

t_1 =Tiempo de reacción y percepción para iniciar la maniobra (seg.)

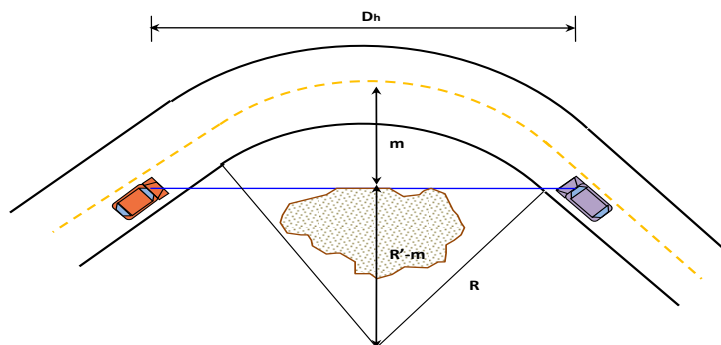
t_2 =Tiempo en el cual el vehículo sobrepasa (seg.)

Distancia de visibilidad en curvas horizontales. -

Cuando un vehículo recorre una curva horizontal ocupando el carril interno, cualquier obstáculo que se encuentre cerca de la línea interna de la vía impide la visibilidad al conductor y por lo que la hace un tanto peligrosa, pudiendo ser los obstáculos el talud de corte, vegetación, cercos y edificios en el lado interno de la curva.

Figura n° 31

Grafica de la visibilidad en curvas horizontales



Fuente: Propia

$$a_{\max} = R \left(1 - \cos \left(\frac{100 \cdot Dv}{\pi \cdot R} \right) \right) \quad \text{ec. 19}$$

$$R' = R - \frac{a_c}{2} \quad \text{ec. 20}$$

$$Dh = 2 \cdot \sqrt{R'^2 - (R' - m)^2} \quad \text{ec. 21}$$

Donde:

$a_{\max}$: Despeje máximo

R: Radio de curvatura

Dv: Distancia de frenado o de adelantamiento

Dh: Distancia horizontal

R': Diferencia del radio de curvatura y la media de ancho de carril interior

2.5.1.7 SECCION 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 tránsito, una sección reducida será económica y de capacidad de tránsito reducida por otro lado una sección transversal amplia tendrá una mayor capacidad de tránsito 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 recomendadas o para adoptar:

$a=3,5$ ms (ancho carril)

Derecho de vía=25 mts

Berma= 0,5 mts

Tabla n° 25

Resumen de secciones transversales tipo

NÚMERO DE CALZADAS Y CATEGORÍA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽²⁾ ATP = na + 2(a + Sa) + M final			
			7a" INTERIOR (m)	7a" EXTERIOR (m)	3a" INTERIOR (m)	3a" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS	
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3.5	1.2	2.5	0.5 - 0.8	1.5	13.0	6.0	6.0	35	28	-
		100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	6.0	34	27	-
		80	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	0.8	11.0	4.0	4.0	31.6	24.6	-
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	6.0	34	27	-
		90	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	12.0	5.0	5.0	33	26	-
		80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	3.0 ⁽⁴⁾	29	22	-
	COLECTOR	80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	3.0 ⁽⁴⁾	29	22	-
		70	3.5	0.6 - 0.70	1.5	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	2.0 ⁽⁴⁾	27	20	-
		60	3.5	0.6 - 0.70	1.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	2.0 ⁽⁴⁾	26	19	-
		100 - 90	3.5	-	2.5	-	1.0	-	-	-	-	-	14.0
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	80	3.5	-	2.0	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	12.0
		80	3.5	-	1.5	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	11.0
	COLECTOR	70	3.5	-	1.0 - 1.5 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	10 - 11.0
		60	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	8.0 - 10.0
	LOCAL	50	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	8.0 - 10.0
		40	3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	7.0 - 8.0
		30	2.0 - 3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	5.0 - 6.0
DESARROLLO													

Fuente: Carreteras y autopistas. - Raúl Valle Rodas

2.5.1.8 PERALTE, COEFICIENTE DE FRICCION

El peralte constituye en una elevación de la calzada debido a esto el vehículo sigue una trayectoria de una recta o tangente y pasa a una curva, durante su trayectoria aparece la fuerza centrífuga que origina peligros de estabilidad del vehículo en movimiento.

Ecuación para el cálculo del coeficiente de fricción lateral

Peraltes máximos para Caminos: $e=7\%$, $V_p=30-80\text{km/h}$

$$f = 0,265 - \frac{V}{602,4} \quad \text{ec. 22}$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción

V : Velocidad de proyecto (km/h)

Peralte en curvas circulares simples

Pendiente relativa

Tabla n° 26

Valores admisibles de la pendiente relativa de borde $\Delta\%$

V_p (km/h)	30-50	60-70	80-90	100-120
Δ_{normal}	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ_{max} $n=1$	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ_{max} $n>1$	1,5	1,3	0,9	0,5

Fuente: Manual ABC

Proporción del peralte en recta

Tabla n° 27

Proporción del peralte a desarrollar en recta

Mínimo	Normal	Máximo
$e < 4,5$	$e = \text{Todos}$	$e \leq 7$
0,5 e	0,7 e	0,8 e

Fuente: Manual ABC

Longitud del desarrollo del peralte

$$l = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\Delta} \quad \text{ec. 23}$$

Tasa de giro

$$\text{tg} = \frac{n \cdot a}{\Delta} \quad \text{ec. 24}$$

Donde:

l: Longitud de desarrollo del peralte (m)

tg: Tasa de giro (m/1%)

n: Numero de carriles entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada

a: Ancho normal de un carril (m)

Δp : Pendiente relativa del borde de la calzada (%)

Peralte en curvas de transición

Desarrollo de peralte

$$l = l_0 + L \quad \text{ec. 25}$$

Desarrollo en la recta

$$l_0 = \frac{(n \cdot a \cdot b)}{\Delta} \quad \text{ec. 26}$$

Donde:

l_0 : Desarrollo en la recta para pasar $-b\%$ a 0%

L : Desarrollo en la clotoide para pasar de 0% a $e\%$

n : Número de carriles entre el eje de giro y el borde de la calzada a peraltar

a : Ancho normal de un carril (m)

b : Bombeo o pendiente transversal normal en recta

Δ : Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro

2.5.1.9 RADIO EN CURVAS HORIZONTALES

El radio que se considera en el diseño en planta como un valor límite es el radio mínimo para la velocidad de proyecto dada, para un peralte máximo.

$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e_{\max} + f)} \quad \text{ec. 27}$$

Donde:

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

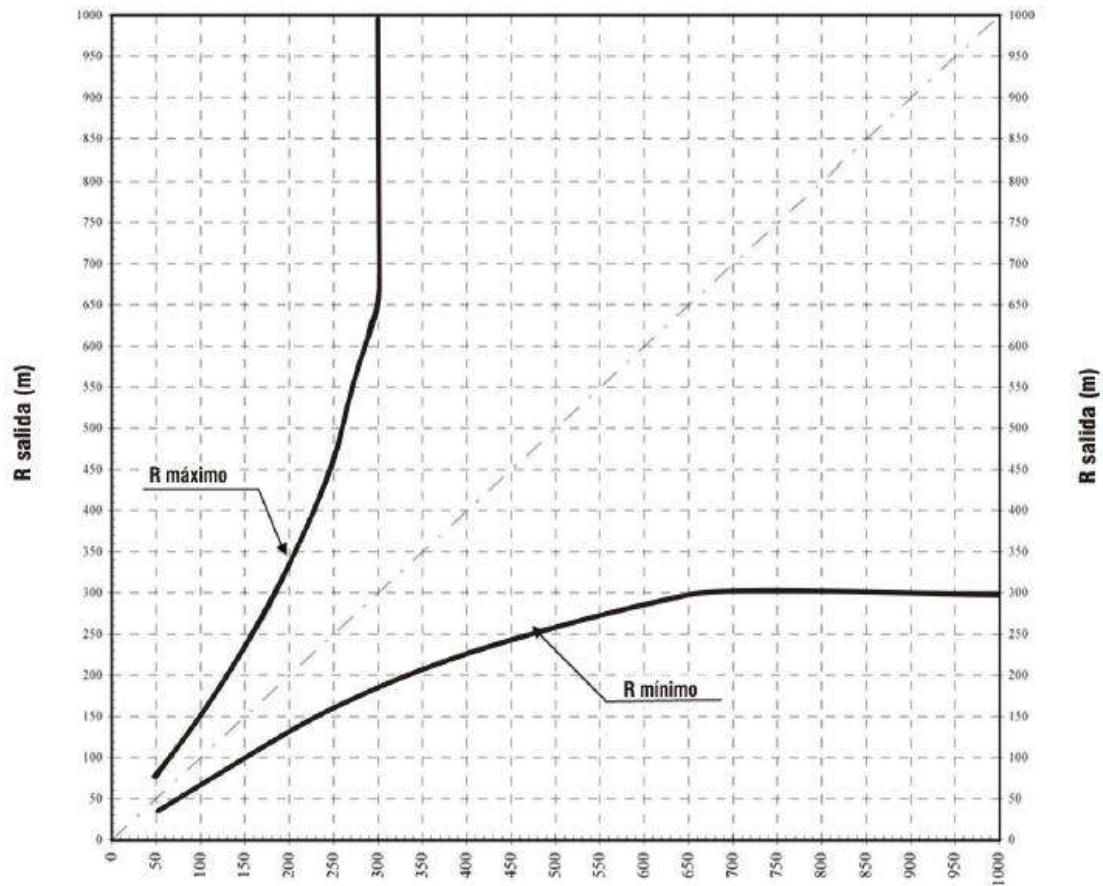
$e_{\max}$: Peralte máximo (%)

f : Coeficiente de roce rodante

Figura n° 32

Relación entre radios

COLECTORES Y LOCALES



Fuente: Diseño de pavimentos UMSS

2.5.1.10 PARAMETRO “A” Y LONGITUD DE LA CLOTOIDE EN CURVAS DE TRANSICION

La ecuación que se toma en cuenta para el cálculo del parámetro A es el criterio de la comodidad al usuario

$$A = \sqrt{\left(\frac{V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left(\frac{V_e^2}{R} - 1,27 \cdot e\right)\right)} \quad \text{ec. 28}$$

Donde:

A: Parámetro de la clotoide

Ve: Velocidad específica de la curva (km/h)

J: Tasa de aceleración (m/s³)

R: Radio de la curva (m)

e: Peralte de la curva (%)

Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal:

Tabla n°28

Tasa de aceleración Máxima

Ve = Vp	40-60	70	80	90	100	120
J máx.	1,5	1,4	1,0 - 0,9	0,9	0,8	0,4

Fuente: Manual ABC

Tasa normal de distribución de la aceleración trasversal:

Tasa de aceleración Normal

Ve[km/h]	Ve < 80	Ve ≥ 80
J Normal [m/s ³]	0,5	0,4

Fuente: Manual ABC

$$L = \frac{R}{A^2} \quad \text{ec. 29}$$

Donde:

L: Longitud de la espiral (m)

R: Radio de la curva (m)

A: Parámetro de la clotoide

2.5.1.11 SOBREALCHO

Los conductores en las curvas tienden a no seguir por el centro de su carril de circulación, las ruedas traseras no siguen la misma dirección que las delanteras por seguridad es necesario proporcionar a los carriles en curva, mayor ancho con relación a los tramos tangentes; este aumento se denomina sobreancho.

Tabla n° 29

Sobreancho

CALZADA EN RECTA 7 m (n=2) 0,35 < E < 3 m E= e.int + e.ext h1= 0,45 m h2= 0,05 m					
TIPO DE VEHICULO (m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)	e. int (m)	e.ext (m)	RADIOS LIMITES (m)
Camión Unid. Simple Lt = 11,0* Bus Corriente Lt = 12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	30 < R < 130

Fuente: Manual ABC

Sobreancho en curva circular simple y en curva de transición

$$e_n = \left(\frac{E}{L}\right) \cdot l_n \quad \text{ec. 30}$$

Donde:

E: Ensanche total calculado (m)

en: Ensanche parcial correspondiente a un punto distante “ l_n ”(m) desde el origen de la transición

L: Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la clotoide

2.5.1.12 BERMAS

Son fajas laterales a la superficie de rodadura de una carretera que en tramos en tangente tienen la misma inclinación que el bombeo y en tramos en curva el mismo peralte siendo estos elementos de seguridad para los vehículos, sirviendo de estacionamiento para los vehículos que se detienen como también facilitando el paso cuando hay vehículos en la calzada y dan protección lateral a la superficie de rodadura.

Tabla n° 30

BERMAS RECOMENDADAS EN FUNCION AL NIVEL DE SERVICIO Y TIPO DE TERRENO

TABLA 1.2-5 INTENSIDAD MÁXIMA DE SERVICIO (I) DE UNA CALZADA SEGÚN NIVEL DE SERVICIO PARA FHP=1, MEDIDA EN VEHÍCULOS POR HORA EN AMBOS SENTIDOS DE TRANSITO

TRAZADO		LLANO			ONDULADO			MONTAÑOSO		
ANCHO PAVIMENTO		7	7	7	7	6		7	6	
ANCHO BERMA		>1,8	>1,8	>1,8		1,5	1,5	1,5	1	
% VISIBILIDAD ADELANTAMIENTO		80%	60%	60%		60%	40%	40%	30%	
REPARTO %		50% - 50%	50% - 50%	80% - 20%		50% - 50%	50% - 50%	50% - 50%	50% - 50%	
NIVEL	PORCENTAJE									
DE SERVICIO	CAMIONES	BUSES								
A	5		302	227	188	≥91	147	91	≥90	69
	10	5	289	217	180		132	81		57
B	5		593	519	431	≥86	379	292	≥86	201
	10	5	563	493	409		329	254		159
C	5		964	890	739	≥82	698	550	≥78	356
	10	5	915	844	701		606	477		282
D	5		1.575	1.524	1.265	≥78	1.057	841	≥79	577
	10	5	1.506	1.457	1.209		915	728		443
E	5		2.541	2.464	2.109	≥64	1.930	1.692	≥56	1.220
	10	5	2.428	2.355	2.016		1.671	1.466		938
										802

Vm : Velocidad Media de Viaje (km/h). Se entrega a título informativo para carreteras con Vp ≤ 96 km/h.
 I : Flujo correspondiente a 4 veces el volumen registrado en los 15 minutos de mayor flujo dentro de la hora. Se expresa en veh/h.
 Q : Volumen de la hora considerada veh/h.
 FHP = Q/I

FUENTE: Manual ABC

2.5.1.13 SOBREENCHO DE PLATAFORMA (SAP)

El sobreencho de plataforma SAP mínimo es de 0,5 m que permite confinar las capas Subbase y base de tal manera que la parte exterior de la berma pueda alcanzar el nivel de compactación especificado.

Tabla n° 31

Pendiente transversal del SAP

SIEMPRE	PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP
En recta	is= -10% (siempre)
Zona transicion peralte	para $b \leq e \leq 0$ is= -10%
Extremo alto de la plataforma	para $0 < e \leq 3\%$ is= $-(10-2e)\%$ para $e > 3\%$ is= -4%
Extremo alto de la plataforma	para todo e is= -10
El is del SAP interior de las calzadas unidireccionales sera de -8%, salvo para $e > -4\%$ en que is= -4%	

Fuente: Manual ABC

2.5.1.14 BOMBEO DEL CAMINO

El bombeo de una vía es la forma de la sección transversal del mismo que tiene como fin principal drenar hacia los lados el agua que cae sobre la calzada, el bombeo que debe emplearse depende de la intensidad de lluvia, clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspecto del camino.

Tabla n° 32

Bombeos de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE	Pendiente Transversal	
	I ≤ 15 mm/h	I > 15 mm/h
Pav. de Hormigón o Asfalto	2%	2,5%
Tratamiento Superficial	3%	3,5%
Tierra, Grava, Chancado	3 - 3,5%	3,5 – 4%

Fuente: Manual ABC

2.5.1.15 LONGITUD MINIMA EN CURVAS VERTICALES

Por comodidad y estética el desarrollo mínimo de la curva vertical corresponde:

$$2 \cdot T \geq |V_p(\text{km/h})| \quad \text{ec. 31}$$

Donde:

T: longitud de la curva (m)

V_p: Velocidad de proyecto (km/h)

2.5.1.16 PENDIENTE MINIMA DE LA RASANTE

Las pendientes mínimas en el alineamiento vertical son de 0,35% con el fin de asegurar en cualquier punto de la calzada un buen drenaje, pero se puede aceptar con pendientes de 0,2%.

Si el bombeo es igual 2,5% se podrá aceptar una pendiente nula, en situaciones en que la pendiente transversal sea nula se la pendiente mínima aceptable es de 1,5%.

2.5.1.17 VALORES ADOPTADOS

Tabla n° 33

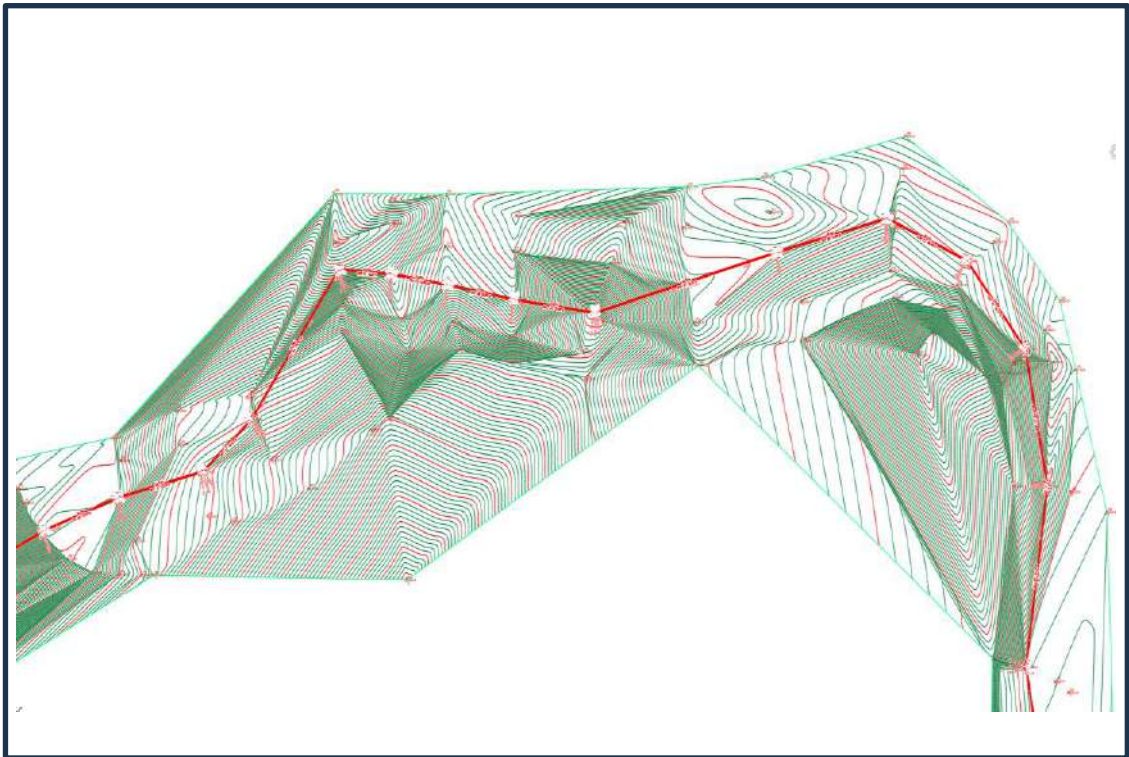
PLANILLA DE PARÁMETROS		
TIPO DE TOPOGRAFIA: LLANA		
ALINEAMIENTO EN PLANTA		
Velocidad de Proyecto (Vp) :	50	km/h
Coeficiente de fricción transversal máximo (f) :	0,182	
Coeficiente de roce rodante (f1) :	0,41	
Bombeo (b) :	2,5	%
Peralte máximo (emax) :	7	%
Radio mínimo (Rmin) :	80.00	m
Sobreechancho (E) :	0,65	m
Distancia de frenado (Df) :	51,78	m
Distancia de adelantamiento mínima (Da) :	300	m
Distancia de visibilidad en curvas (amax) :	19,17	m
Longitud máxima en rectas (Lrmax) :	1000	m
Longitud mínima tramos intermedios (Lrmin) :	70	m
Longitud mínima en curvas del mismo sentido (Lrmin) :	140	m
LINEAMIENTO EN PERFIL		
Pendiente mínima :	0,35	%
Longitud mínima en Curvas verticales (Lmin) :	50	m

Fuente: Propia

2.5.2 GEOMETRIA DE PLANTA

Es la primera fase del trazado del camino y se trata de analizar la ubicación de la proyección del eje longitudinal que es una sucesión de rectas o tangentes y curvas, que conforma una geometría particular, su análisis es en un espacio cartesiano de dos dimensiones. Se suele admitir que representan a la trayectoria de vehículos en planta.

Figura n° 33



Fuente: Propia

2.5.2.1 ALINEAMIENTO

El alineamiento consiste en dibujar una línea sobre el plano digitalizado de curvas de nivel y representa al eje del camino, con la ayuda del programa AutoCAD Civil 3D se realiza esta operación.

El trazado se realizará tratando de que el alineamiento quede dentro de la faja de levantamiento topográfico, tomando en cuenta las restricciones de tipo técnicos y sociales, cuidando estos aspectos de mucha importancia.

Se definirán los vértices (V_n) de cada curva, éstos serán variables de acuerdo a los radios de las curvas.

Figura n° 34



Fuente: Propia

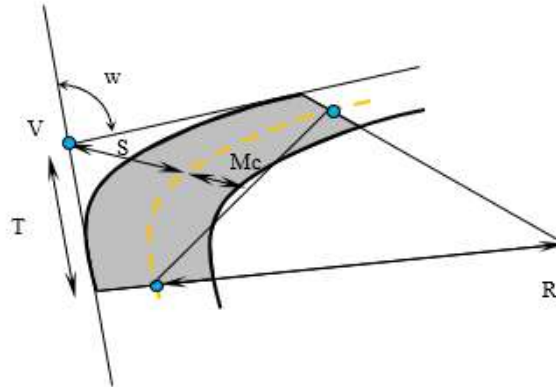
2.5.2.2 ENLACE CON CURVAS HORIZONTALES

El tramo vial donde se proyectará este trabajo se encuentra en un terreno llano, algunos subtramos están restringidos, de esta manera está compuesto de diferentes tipos de radios de curvaturas.

Elementos de la curva circular simple:

Figura n° 35

Elementos de la Curva circular simple



Tangente:

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\omega}{2}\right) \quad \text{ec. 32}$$

Externa:

$$S = R \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1\right) \quad \text{ec. 33}$$

Flecha:

$$Mc = R \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)\right) \quad \text{ec. 34}$$

Desarrollo:

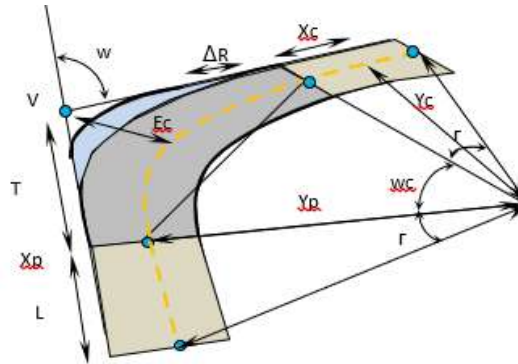
$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180} \quad \text{ec. 35}$$

Longitud:

$$L = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{R}{2}\right) \quad \text{ec. 36}$$

Figura n°36

Elementos de la Curva de transición



Coordenadas de la espiral:

$$X_p = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} \quad \text{ec. 37}$$

$$Y_p = \frac{L^2}{6 \cdot R} \quad \text{ec. 38}$$

$$X_c = X_p - R \cdot \text{sen}(\tau) \quad \text{ec. 39}$$

$$Y_c = Y_p + R \cdot \cos(\tau) \quad \text{ec. 40}$$

Externa:

$$E_c = (R + \Delta R) \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1 \right) + \Delta R \quad \text{ec. 41}$$

Tangente:

$$T_s = (R + \Delta R) \tan\left(\frac{\omega}{2}\right) + X_c \quad \text{ec. 42}$$

Desarrollo:

$$Ds = 2L + \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180} \quad \text{ec. 43}$$

Donde:

R: Radio de la curva (m)

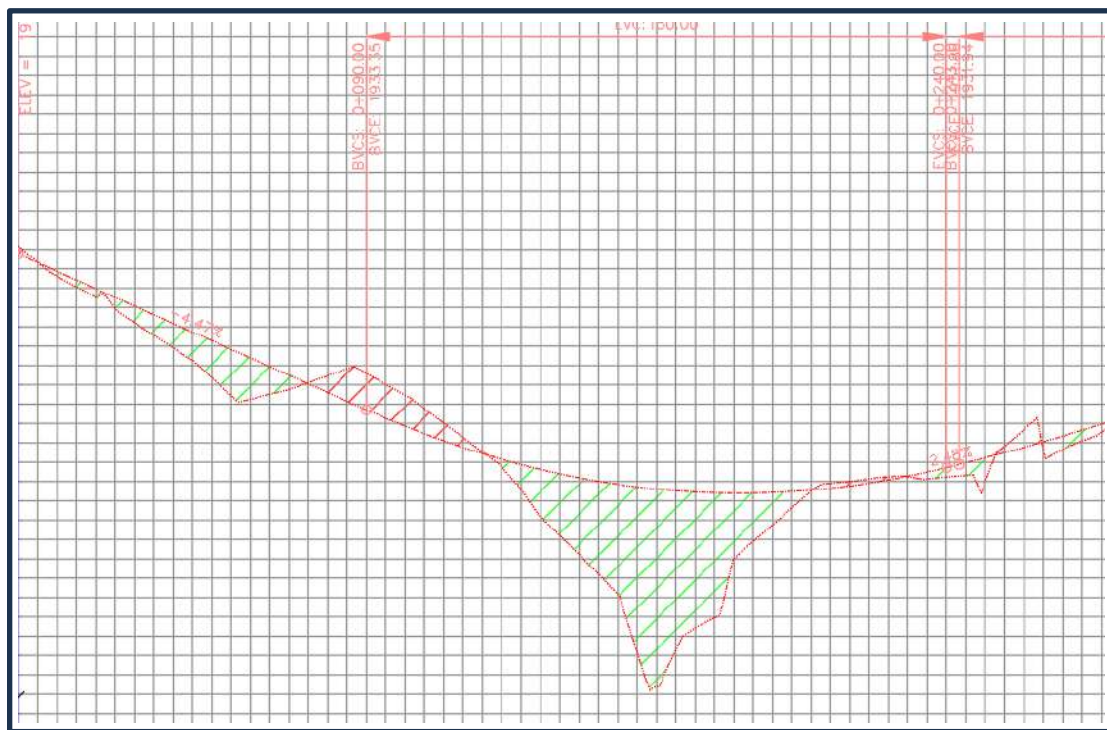
ω : Angulo de deflexión (°)

τ : Angulo de la piral (°)

2.5.3 GEOMETRIA DE PERFIL

Es la proyección sobre un plano vertical del trazado en planta a esta línea se la denomina subrasante, las pendientes que se adopten para subrasante no deben sobrepasar las especificadas en el manual correspondiendo al 9%, es necesario que el cambio se realice gradualmente para esto se usan las llamadas curvas verticales.

Figura n° 37



Fuente: Propia

2.5.3.1 SUB-RASANTE, RASANTE

Subrasante: corresponde al terreno de fundación, que sirve de soporte al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras.

Rasante: Es la que soporta el tránsito de los vehículos

2.5.3.2 ENLACE CON CURVAS VERTICALES

Después de haber definido la subrasante en el perfil longitudinal, corresponde el diseño de curvas verticales, que sirven para pasar gradualmente de un tramo a otro con diferente pendiente.

Ecuación paramétrica de la curva vertical

$$Y = K \cdot X^2 \quad \text{ec. 44}$$

$$Y = \frac{\theta}{2 \cdot (2T)} \cdot X^2 \quad \text{ec. 45}$$

Donde:

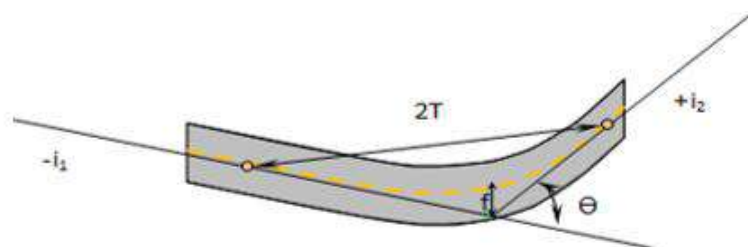
θ : Diferencia algebraica de las pendientes (m/m)

$2T$: Longitud de la curva (m)

X : Distancia parcial desde PCV o FCV (m)

Curva Cóncava

Figura n°38



$$Kc = \frac{Df^2}{2 \cdot (h + Df \cdot \text{sen}\beta)} \quad \text{ec. 46}$$

Donde:

Kc: Parámetro de la curva vertical cóncava (m)

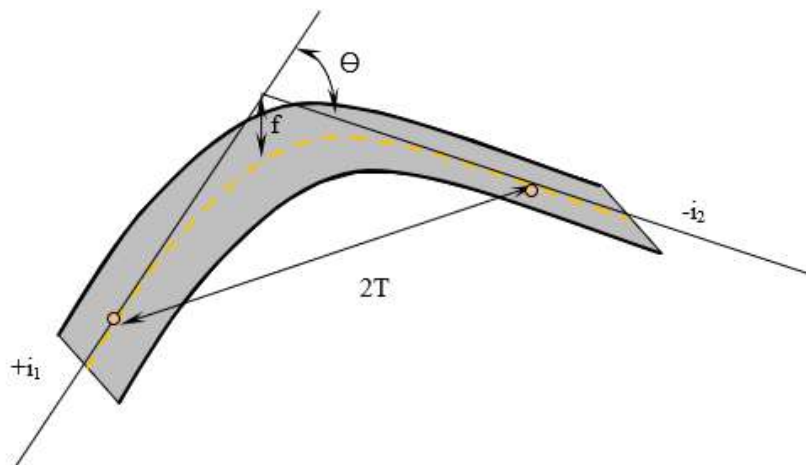
Df: Distancia de frenado

h: 0,6 m Altura de los focos

β : 1° Ángulo de abertura del haz luminoso respecto a su eje

Curva Convexa

Figura n° 39



$$Kv = \frac{Df^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{ec. 47}$$

Donde:

Kv: Parámetro de la curva vertical convexa (m)

Df: Distancia de frenado (m)

h1: 1,10 m Altura de ojos del conductor

h2: 0,20 m Altura del obstáculo

2.5.3.3 ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES Y HORIZONTALES

El software Civil 3D, nos proporciona la siguiente tabla de resultados:

Tabla n° 34

TABLA DE ELEMENOS CURVA HORIZONTAL

N°	PI	Ab	R/3	A	R	L	Lasumido	Aasumido
1	0+223,69	71,7	43,33	80	130	49,231	45	76,49
2	0+506,68	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
3	0+697,57	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
4	0+961,46	79,8	50,00		150			
5	1+466,85	58,9	33,33	60	100	36,000	40	63,25
6	1+668,68	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
7	1+811,82	45,0	23,33		70			
8	1+913,15	54,4	30,00		90			
9	2+042,80	79,8	50,00		150			
10	2+231,47	67,5	40,00		120			
11	2+354,15	102,7	70,00		210			
12	2+621,35	56,6	31,67	60	95	37,895	40	61,64
13	2+828,41	79,8	50,00	90	150	54,000	55	90,83
14	3+326,54	35,0	16,67		50			
15	3+075,26	49,8	26,67		80			
16	3+192,43	49,8	26,67		80			
17	3+376,97	49,8	26,67	40	80	20,000	20	40,00
18	3+518,50	49,8	26,67	40	80	20,000	20	40,00
19	3+793,12	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
20	3+965,83	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
21	4+157,04	49,8	26,67	40	80	20,000	20	40,00
22	4+372,45	49,8	26,67	50	80	31,250	35	52,92
23	4+773,68	58,9	33,33		100			
24	4+857,89	49,8	26,67	40	80	20,000	20	40,00

Fuente: Propia

Tabla n° 35

TABLA DE ELEMENOS CURVA VERTICAL								
No.	PIV		Pendiente (%)		θ g1-g2	Curva Tipo	Longitud Curva(m)	Factor K
	Progresiva	Cota	(g1)Entrada	(g2)Salida				
1	0+000.00	1937,595		-3,85%				
2	0+200.00	1929,905	-3,85%	3,94%	7,78%	Concava	150,0	19,28
3	0+497.69	1941,623	3,94%	-0,41%	4,35%	Convexa	150,0	34,49
4	0+663.16	1940,939	-0,41%	-4,04%	3,62%	Convexa	150,0	41,39
5	0+872.92	1932,470	-4,04%	-0,49%	3,55%	Concava	150,0	42,28
6	1+443.71	1929,676	-0,49%	0,94%	1,43%	Concava	150,0	104,93
7	1+647.55	1931,592	0,94%	3,92%	2,98%	Concava	150,0	50,39
8	1+851.57	1939,584	3,92%	-3,31%	7,22%	Convexa	150,0	20,76
9	2+092.94	1931,601	-3,31%	-0,53%	2,77%	Concava	150,0	54,08
10	2+472.37	1929,577	-0,53%	2,56%	3,10%	Concava	150,0	48,43
11	2+720.94	1935,950	2,56%	-4,44%	7,00%	Convexa	100,0	14,28
12	2+855.05	1930,000	-4,44%	4,67%	9,10%	Concava	150,0	16,48
13	3+221.66	1947,111	4,67%	-1,92%	6,59%	Convexa	150,0	22,76
14	3+502.45	1941,713	-1,92%	4,14%	6,06%	Concava	50,0	8,25
15	3+786.75	1953,476	4,14%	1,97%	2,17%	Convexa	150,0	69,25
16	4+125.58	1960,156	1,97%	-1,23%	3,20%	Convexa	150,0	46,86
17	4+403.94	1956,734	-1,23%	1,63%	2,86%	Concava	100,0	34,92
18	4+744.78	1962,305	1,63%	3,22%	1,59%	Concava	150,0	94,35
19	5+076.48	1973,000	3,22%					

Fuente: Propia

2.6 MOVIMIENTOS DE TIERRA

2.6.1 INTRODUCCION

Los movimientos de tierra consisten en la cuantificación de los volúmenes tanto en corte como terraplén. En obras de construcción de carreteras los procedimientos para medir volúmenes de tierra y roca a excavar, transportar, colocar en sitio son similares.

2.6.2 CALCULO DE AREAS ENTRE SECCIONES

Los principales métodos empleados son:

Método analítico

Método grafico

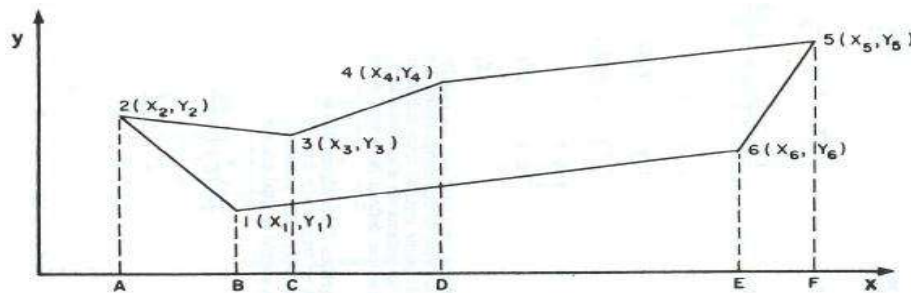
Método planímetro

Método del papel milimétrico

Método analítico. - este método consiste en el cómputo de las aéreas por coordenadas, es decir basados en coordenadas de los puntos que definen el contorno de la superficie usado cuando la sección es bastante irregular, es la base de los métodos computarizados y que es adoptado por AutoCAD Civil 3D.

Figura n° 40

Gráfica del método analítico para el cálculo de áreas



Fuente: camino y autopistas.- Raul Valle Rodas

$$A = \frac{1}{2} \cdot ((Y_1 \cdot X_2 + \dots + Y_n \cdot X_1) - (X_1 \cdot Y_2 + \dots + X_n \cdot Y_1)) \quad \text{ec. 48}$$

2.6.3 DETERMINACION DE LOS VOLUMENES DE TIERRA

El cálculo de volúmenes se obtiene a partir de las áreas, existen varios métodos de los cuales los más utilizados son el método de la semisuma o áreas medias y la de Simpson o prismoide que es adoptada por programas computarizados.

Método de Prismoidal:

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A_1 + A_2 + 4 \cdot A_m) \quad \text{ec. 49}$$

Método de la Áreas Medias:

Casos particulares

Volumen “CORTE-CORTE”

$$Vc = \frac{(Ac_1 + Ac_2) \cdot L}{2} \quad \text{ec. 50}$$

Volumen “RELLENO- RELLENO”

$$Vr = \frac{(Ar_1 + Ar_2) \cdot L}{2} \quad \text{ec. 51}$$

Volumen “RELLENO-CORTE”

$$Vc = \frac{Ac^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{ec. 52}$$

$$Vr = \frac{Ar^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{ec. 53}$$

Donde:

Ar: Área de corte (m²)

Ac: Área de relleno (m²)

L: longitud entre progresivas (m)

Secciones mixtas

Caso “CORTE o RELLENO”

$$S = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)^2 \quad \text{ec. 54}$$

$$e = \frac{1}{3 \cdot A} \cdot (A + S) \cdot (\pm dd \pm di) \quad \text{ec. 55}$$

Caso “MIXTAS”

$$e = \frac{1}{3} \cdot (\pm x \pm a \pm d) \quad \text{ec. 56}$$

Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot (A_1 e_1 + A_2 e_2) \quad \text{ec. 57}$$

Volumen “CURVA”

$$V_{curva} = V_{recta} \pm Cc \quad \text{ec. 58}$$

Donde:

dd: Distancia del eje al borde derecho (m)

di: Distancia del eje al borde izquierdo (m)

S: Área de relleno sobre la calzada (m²)

x: longitud del eje a la intersección de la calzada con el terreno (m)

a: longitud del carril (m)

R: Radio de la curva (m)

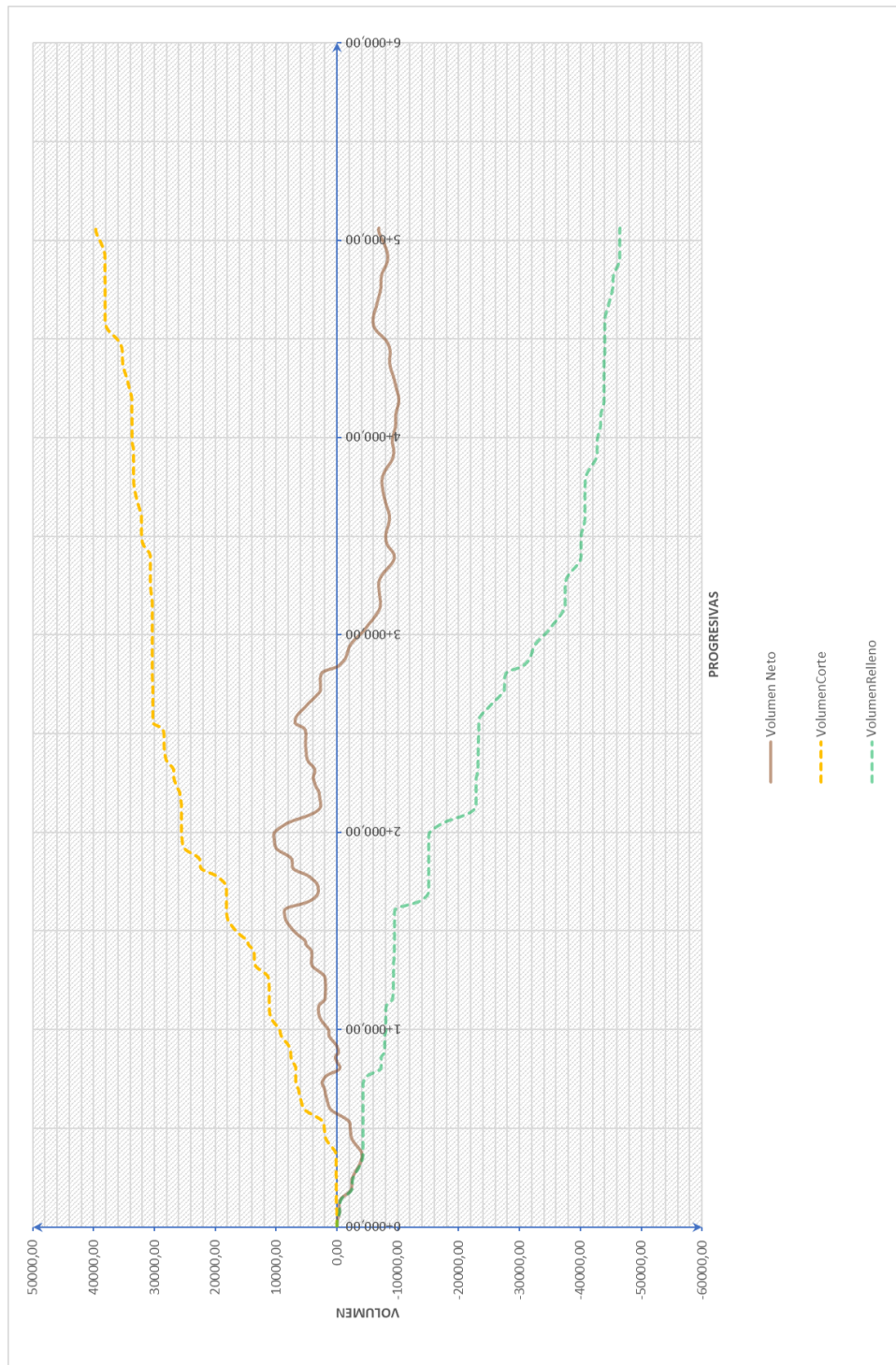
2.6.4 DIAGRAMA DE MASAS

El diagrama de masas es una gráfica, en el cual las accisas representan a las progresivas del camino y las ordenadas a los volúmenes acumulativos de las terracerías, es en este diagrama donde se analizan los movimientos de tierra para obtener un resultado satisfactorio.

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.

DIAGRAMA DE MASAS

Figura n° 41



Fuente: Propia

2.7 ESTUDIO HIDROLOGICO

El objetivo del estudio hidrológico es determinar el caudal que debe evacuar cada elemento del desagüe superficial ya sea longitudinal o transversal, el caudal se debe determinar para cada una de las cuencas que cruzan el eje de la vía.

2.7.1 CALCULO HIDROLOGICO

La determinación puede partir de datos de precipitaciones como es el caso en pequeñas cuencas o caudales aforados en el caso de cuencas importantes.

Análisis de consistencia. -

Es el análisis de precipitaciones para determinar si una estación pluviométrica es consistente o inconsistente, las estaciones que se consideren deben ser representativas y la serie de datos debe ser suficientemente largos para permitir un ajuste estadístico, este análisis se hace mediante una representación gráfica llamada curva doble másica.

Para este análisis se utilizan estaciones cercanas a la zona:

Estación Patrón: SAN JACINTO SUD

Figura nº 42

INFORMACIÓN NACIONAL DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Seleccionar tipo de exportación
Departamental

Seleccione el área
Tarija

Estaciones
San Jacinto Sud(Activo)

Variables
Precipitación

Tipo de dato
Mensuales

Periodo
01/2000 03/2023

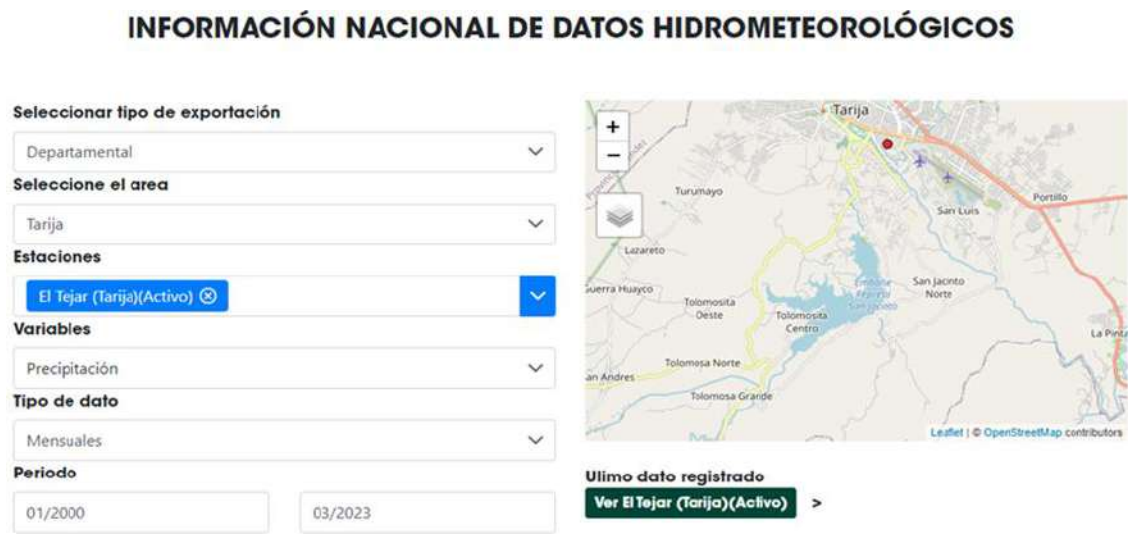
Ultimo dato registrado
Ver San Jacinto Sud(Activo)



Fuente: Senamhi

Estación en Estudio 1: EL TEJAR

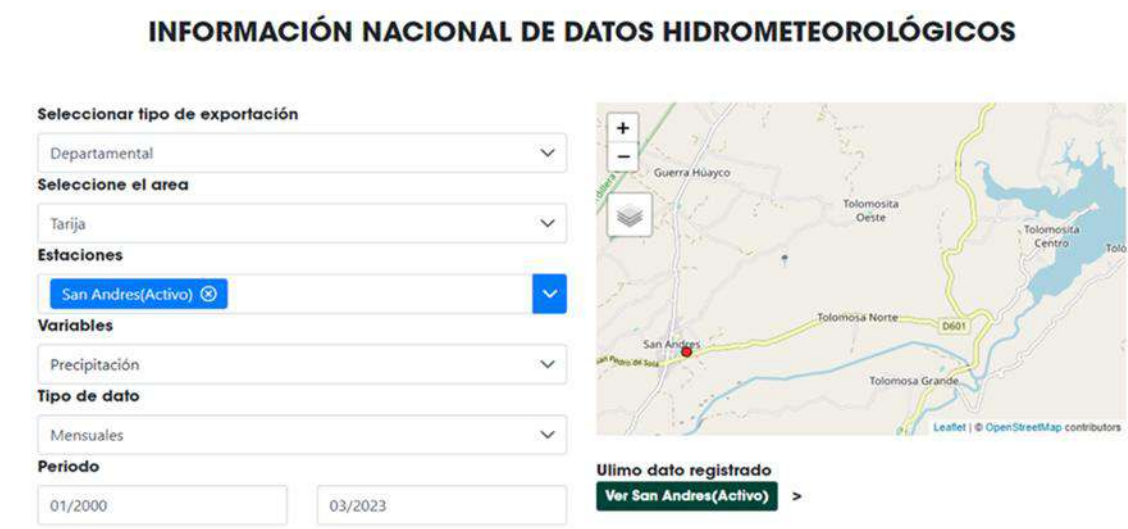
Figura nº 43



Fuente: Senamhi

Estación en Estudio 2: SAN ANDRES

Figura nº 44



Fuente: Senamhi

Estación en Estudio 3: AEROPUERTO

Figura nº 45

INFORMACIÓN NACIONAL DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Seleccionar tipo de exportación
Departamental

Seleccione el área
Tarija

Estaciones
Tarija Aeropuerto(Activo)

Variables
Precipitación

Tipo de dato
Mensuales

Periodo
01/2000 03/2023

Ultimo dato registrado
Ver Tarija Aeropuerto(Activo)



Fuente: Senamhi

Una vez recolectado los datos pluviométricos de las estaciones, debemos realizar un análisis de consistencia de los datos obtenidos. El objetivo principal de dicho análisis, es identificar y corregir errores o anomalías en los datos recolectados, de modo que puedan utilizarse de manera confiable a la hora de procesarlos para obtener las variables estadísticas que interesan al proyecto.

Tabla n° 36

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS

AÑO	AEROPUERTO	EL TEJAR	SAN JACINTO	SAN ANDRES
2000	224,4	239,9	210,8	387,5
2001	207,7	215,7	213,5	315
2002	128,6	161,7	276	339,4
2003	156,7		174,2	240,2
2004	125,4	161,7	181,1	266,8
2005	136,4	175,7	237	309,9
2006	170	154,3	180	277,4
2007	161,5	159,8	178,3	309
2008	218	219,6	197,9	346,6
2009	125,1		179,5	283,9
2010	198,9	231,5	142,3	312,4
2011	193,3	191,6	176,4	308,3
2012	158,4		173	244,6
2013	164,5		171,5	308,6
2014	136,4		150,6	173,6
2015	237		199,3	261,5
2016	131,5		123,9	131
2017	132,6	167,3	152,9	190,2
2018	194,9	195,4	188,6	292,7
2019	126,8	149,6	111,9	127,6
2020		187,8		
2021		129,5		
2022		216,9		
2023		0		

Fuente: Senamhi

Periodo de Retorno. -

Se denomina así al intervalo de tiempo promedio dentro de la cual un evento de magnitud “X” puede ser igualado o superado al menos una vez en promedio, asumiendo para este proyecto 25años.

Tabla n° 37

Período de retorno

Tipo de Obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (T años)		Vida útil Supuesta (n; años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y Viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{terrap}} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ($S < 1,75 \text{ m}^2$)	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la Plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defensas de Riberas	Carretera	100		20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

Fuente: Hidrología Máximo Villon

Cálculo de la Intensidad máxima. -

El cálculo de la intensidad máxima se realiza a través de precipitaciones máximas horarias en 24 horas y el tiempo de concentración, haciendo un análisis estadístico de las precipitaciones para un determinado período de retorno mediante la ley Gumbel modificada.

Variables Estadísticas:

$$Ed = X_m - 0,45 \cdot Sd \quad \text{ec. 59}$$

$$Kd = \frac{Sd}{0,557 \cdot Ed} \quad \text{ec. 60}$$

Donde:

Ed=Moda (mm)

Kd=Característica (mm)

Xm=Media (mm)

Sd=Desviación Estándar (mm²)

Lluvia máxima horaria mayores a 2 hrs y menores a 24 hrs (ht_r):

$$ht_r = Ed_p \cdot (1 + Kd_p \cdot \log(T)) \quad \text{ec. 61}$$

Donde:

hTt: Altura de lluvia horaria (mm)

T: Periodo de retorno (años)

Ed_p: moda ponderada (mm)

Kd_p: característica de la distribución

Es necesario conocer los valores de las lluvias máximas en períodos de 1, 2, 3 horas, etc., pero no se dispone de datos pluviográficos, por lo que, apoyados en la experiencia, se estiman estos, usando la ley de regresión de los valores modales, dentro de la cual se conoce un punto, el valor modal de la lluvia diaria:

$$E = Ed * \left(\frac{t}{td}\right)^{\beta} \quad \text{ec. 62}$$

Dónde:

E = Valor modal para un tiempo t en horas;

Ed= Valor modal de la lluvia diaria;

t = Tiempo en horas;

td= Tiempo correspondiente a la lluvia diaria

β = Exponente que varía entre 0.20 y 0.3

A continuacion obtenemos las variables estadisticas que necesitamos:

Tabla n° 38

No de años	20	16	20	20
Promedio	166,41	184,88	180,94	271,31
DesvEst	37,03	32,55	37,18	69,58
Moda	149,742	170,229	164,205	239,999
Coef.Asimetria	0,51	0,19	0,55	-0,79
Moda	149,74	170,23	164,20	240,00
Característica	0,44	0,34	0,41	0,52

Fuente: Propia

Ordenando los datos por estación obtenemos lo sgte.:

Tabla n° 39

PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION

No	ESTACION	No de Datos	Media	Desviación Típica	Moda	Característica
1.-	AEROPUERTO	20	166,41	37,03	149,74	0,44
2.-	EL TEJAR	16	184,88	32,55	170,23	0,34
3.-	SAN JACINTO	20	180,94	37,18	164,20	0,41
4.-	SAN ANDRES	20	271,31	69,58	240,00	0,52
	Total Datos	76				
Promedio ponderado					181,61	0,43

Fuente: Propia

Aplicando la formula

$$ht_T = Ed_p \cdot (1 + Kd_p \cdot \log(T))$$

Tabla n° 40

LLUVIAS MAXIMAS DIARIAS	
Período de Retorno en años	Precipitación máxima diaria en mm
2	205
5	237
10	260
25	292
50	315
100	339
500	394
1000	418

Fuente: Propia

La anterior expresión es válida para valores de “t” mayores o iguales a 2 horas.

El tiempo que corresponde a la lluvia diaria no es igual a las 24 horas, variando de 6 a 12 horas para la región, de acuerdo a la recomendación que se hace en base a los análisis de datos pluviográficos del Sur del país.

Para este caso se adopta que $t_d = 6$ horas y para el exponente se adopta el valor más desfavorable o sea $\beta = 0.2$ y por lo tanto se tiene:

$$E = Ed \left(\frac{t}{6} \right)^{0.2}$$

Reemplazando este valor de E en la expresión de Gumbel antes anotada, se tiene la ecuación con la cual se calculan las lluvias máximas para tiempos entre 2 y 8 horas con períodos de retorno dados.

$$h = Ed \left(\frac{t}{6} \right)^{0.2} (1 + K * \log T)$$

Remplazando obtenemos a continuación los siguientes resultados de las lluvias máximas para diferentes tiempos (hrs) y diferentes periodos de retorno (T):

Tabla n° 41

T (años)	Duración de la lluvia								
	0,0833 hora	0,1667 hora	0,25 hora	0,5 hora	1 hora	2 horas	6 horas	12 horas	24 horas
2	33,6	47,6	58,3	82,4	116,5	164,8	205,3	205,3	205,3
5	38,8	54,8	67,1	95,0	134,3	189,9	236,6	236,6	236,6
10	42,6	60,3	73,9	104,5	147,7	208,9	260,3	260,3	260,3
25	47,8	67,6	82,7	117,0	165,5	234,0	291,6	291,6	291,6
50	51,7	73,0	89,5	126,5	178,9	253,0	315,2	315,2	315,2
100	55,5	78,5	96,2	136,0	192,4	272,1	338,9	338,9	338,9
500	64,5	91,3	111,8	158,1	223,6	316,2	393,9	393,9	393,9
1000	68,4	96,8	118,5	167,6	237,0	335,2	417,5	417,5	417,5

Fuente: Propia

Tabla n° 42

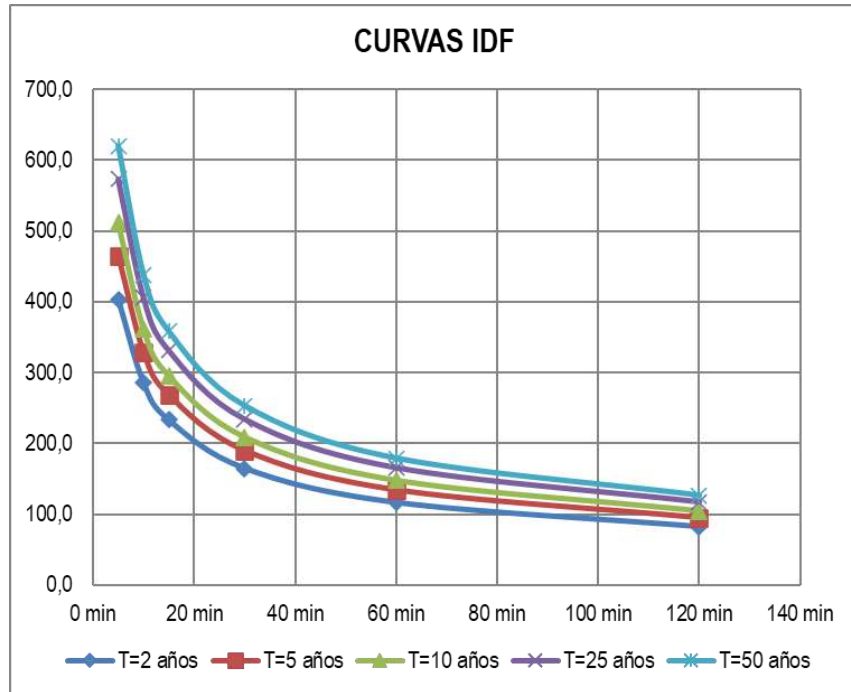
Determinamos también las intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno:

T (años)	Intensidad de lluvia								
	0,083 hr 5 min	0,167 hr 10 min	0,250 hr 15 min	0,500 hr 30 min	1,000 hr 60 min	2,000 hr 120 min	6,000 hr 360 min	12,000 hr 720 min	24,000 hr 1440 min
2	403,7	285,4	233,1	164,8	116,5	82,4	34,2	17,1	8,6
5	465,2	328,9	268,6	189,9	134,3	95,0	39,4	19,7	9,9
10	511,7	361,9	295,5	208,9	147,7	104,5	43,4	21,7	10,8
25	573,3	405,4	331,0	234,0	165,5	117,0	48,6	24,3	12,1
50	619,8	438,3	357,9	253,0	178,9	126,5	52,5	26,3	13,1
100	666,4	471,2	384,7	272,1	192,4	136,0	56,5	28,2	14,1
500	774,5	547,6	447,1	316,2	223,6	158,1	65,6	32,8	16,4
1000	821,0	580,6	474,0	335,2	237,0	167,6	69,6	34,8	17,4

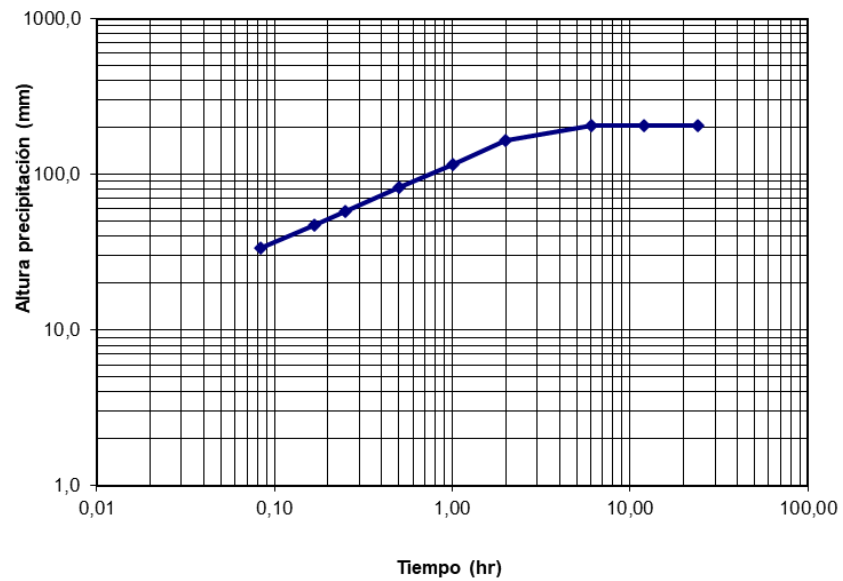
Fuente: Propia

Obtenido los resultados de la intensidad de lluvia para diferentes tiempos y periodos de retorno, podemos graficar las curvas de IDF:

Tabla n° 43



LLUVIAS MAXIMAS



Fuente: Propia

Tiempo de Concentración (t_c):

Fórmula de California highway & Public work

$$t_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{ec. 63}$$

Donde:

L=Longitud del rio principal (m)

H=Desnivel entre el punto más alto y el punto más bajo (m)

Intensidad (i_{max}):

$$i_{max} = \frac{ht_T}{t_c} \quad \text{ec. 64}$$

A continuación, procederemos a determinar propiedades morfométricas de las cuencas de aporte más importantes que aparecen en nuestro proyecto, siendo así las que están ubicadas en las siguientes progresivas:

Figura n° 46

Alcantarilla Prog. 1+660



Fuente: Google Earth

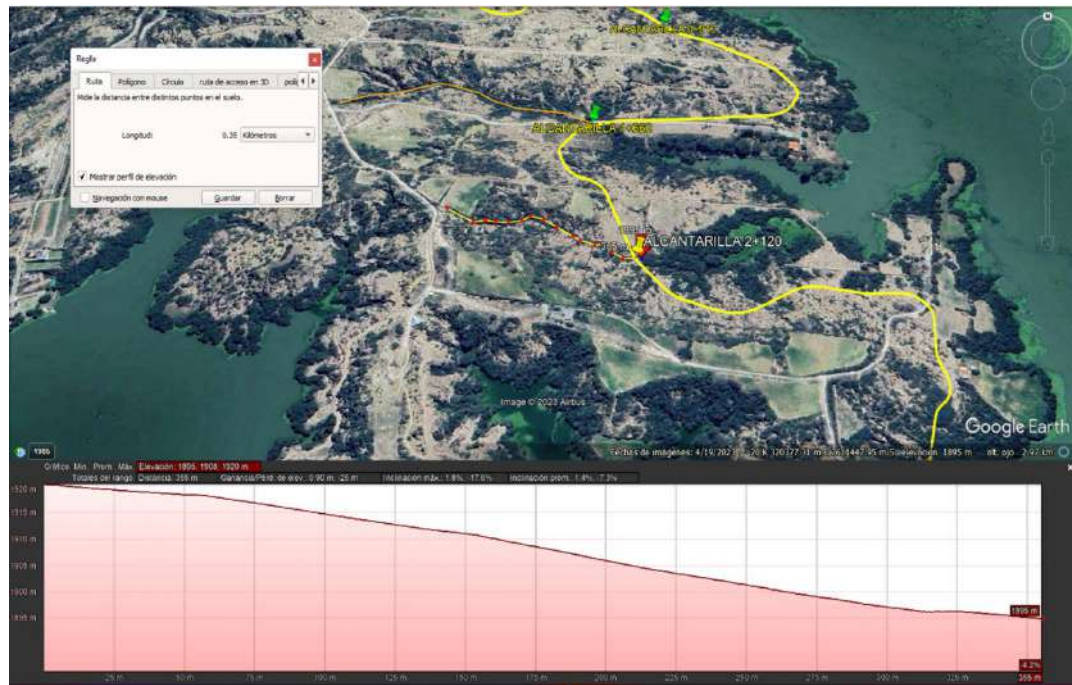
Tabla n° 44

Perfil quebrada 1+660		
Long (m)	Cota (m.s.n.m)	Pendiente
0,0	1918,00	
50,0	1916,00	0,0400
100,0	1905,00	0,2200
150,0	1900,00	0,1000
200,0	1898,00	0,0400
250,0	1896	0,0400
300,0	1894	0,0400
350,0	1893	0,0200
400,0	1893	0,0000
450,0	1893	0,0000
500,0	1891	0,0400
542,0	1890	0,0238
	PROMEDIO	0,0513

Fuente: Google Earth

Figura n° 47

Alcantarilla Prog. 2+120



Fuente: Google Earth

Tabla n° 45

Perfil quebrada 2+120		
Long (m)	Cota (m.s.n.m)	Pendiente
0,0	1920,00	
50,0	1918,00	0,0400
100,0	1915,00	0,0600
150,0	1911,00	0,0800
200,0	1906,00	0,1000
250,0	1901	0,1000
300,0	1897	0,0800
355,0	1895	0,0364
	PROMEDIO	0,0709

Fuente: Google Earth

Obtenidos los valores morfométricos de las cuencas de mayor aporte podemos determinar los tiempos de concentración:

Tabla n° 46

PROPIEDADES MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA								
Identificación	L (Km)	H (m)	A (Km ²)	J (m/m)	Tiempo de concentración (min)			
					Kirpisch	Ventura y Heras	California	Adoptado
1+636	0,53	25,00	0,17	0,051	7,91	5,46	7,62	15,00
2+078	0,35	28,00	0,07	0,071	4,69	2,98	4,89	15,00

Fuente: Propia

2.7.1.1 CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO

El cálculo del caudal de diseño o caudal máximo se calculará mediante el método racional modificado, que servirá para realizar el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje.

Coeficiente de escorrentía. - La cantidad de agua que escurre no es igual al que ha precipitado porque parte del agua se infiltra a través del suelo, la proporción de agua precipitada que escurre es conocido como el coeficiente de escorrentía “C”

Tabla n° 47

Coeficiente de escorrentía

Coeficiente de Escorrentía "C"	
Pavimentos Asfálticos	0,75 – 0,95
Pavimentos de Concreto	0,70 – 0,90
Suelos Impermeables	0,40 – 0,65
Suelos Ligeramente Permeables	0,15 – 0,40
Suelos Moderadamente Permeables	0,05 – 0,20

Fuente: Vías de comunicación

Método Racional Modificado.- Es un método empírico aplicable a pequeñas cuencas menores a 25 km² que supone una hipótesis:

Se considera que la precipitación ocurre con una intensidad no uniforme en toda el área de la cuenca representado por el coeficiente de uniformidad (CU).

$$CU = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad \text{ec. 65}$$

$$Q = CU \cdot \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \quad \text{ec. 66}$$

Donde:

CU: Coef. de uniformidad

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad máxima (mm/h)

A: Área de la cuenca (has)

Tabla n° 48

CÁLCULO DE CAUDALES						
Identificación	tc (min)	T (años)	I (mm/hr)	C	Caudales (m³/s)	
					Racional	Adoptado
1+636	15,00	25,00	330,987	0,30	4,69	4,70
2+078	15,00	25,00	330,987	0,30	1,93	1,93
1+636	15,00	50,00	357,864	0,30	5,07	5,07
2+078	15,00	50,00	357,864	0,30	2,09	2,09

Fuente: Propia

2.7.2 DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

El diseño hidráulico de las estructuras de drenaje corresponde determinar la sección transversal, la carga hidráulica y garantizar así su funcionamiento.

A continuación, indicaremos varias fórmulas para el dimensionamiento de las obras de arte, como también el SOFTWARE hidráulico aplicado en el presente proyecto, que es una solución rápida y moderna.

2.7.2.1 CUNETAS

Por ser obras de canalización y evacuación de aguas producidas por precipitación, las cunetas que se diseñan no serán en todo el tramo sino en lugares estratégicos donde sea insuficiente el escurrimiento propio por gravedad a los bordes del terreno.

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

Método Racional:

$$Q = \frac{0,00028 \cdot C \cdot I \cdot (B \cdot L)}{2} \quad \text{ec. 67}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

C: Coef. de escorrentía

B: Ancho de la calzada (m)

L: Longitud del tramo aportador (m)

Determinación de la Sección Hidráulica:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}} \quad \text{ec. 68}$$

Área de sección triangular

$$A = \frac{(Za + Zb) \cdot h^2}{2} \quad \text{ec. 69}$$

Perímetro de sección triangular

$$P = \left(\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2} \right) \cdot h \quad \text{ec. 70}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

A: Área de la cuenca (m²)

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente de la cuneta (m/m)

Za:Zb: Talud de la cuneta

El objetivo principal del diseño de las obras de drenaje de la plataforma es mantener las pistas de tránsito libres de inundación, para la probabilidad de la precipitación de diseño adoptada.

Para este caso adoptaremos la sección triangular, por motivos constructivos y operacionales.

Tabla n° 49

Datos:

TRAMO PROG 0+000 - PROG. 0+340

L=	340	[m]			
d=	25,00	[m]			
a=	4,00	[m]			
imax=	295,80	[mm/h]	Cp=	0,83	Coef de escorrentia para pavimento asfaltico y concreto
Aap=	8500	[m^2]			
Aap=	0,0085	[km^2]	Cs=	0,53	Coef de escorrentia para terreros granulares

Tipo de Superficie	Coeficiente de Escorrentia
Pavimento Asfáltico y Concreto	0.70-0.95
Adoquines	0.50-0.70
Superficie de Grava	0.15-0.30
Bosques	0.10-0.20
Zonas de vegetación densa	
• Terrenos Granulares	0.10-0.50
• Terrenos Arcillosos	0.30-0.75
Tierra sin vegetación	0.20-0.80
Zonas cultivadas	0.20-0.40

Coef de esc ponderado sera	
C=	0,573
Cponderada= (a*Cp+ (d-a)*Cs)*L/(L*d)	

Fuente: Google Earth

Se aplicará el método racional para determinar el caudal de diseño de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} \quad \text{ec. 71}$$

Donde:

C=	0,573	
Aap=	0,0085	[km^2]
i=	295,8	[mm/h]

Qd= 0,4 [m^3/s]

Para diseñar la cuneta de este tramo se utilizará la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{1/3} * S^{1/2} \quad \text{ec. 72}$$

Iterando distintos valores para (h)

h=	0,4	m
A=	0,256	m2
P=	1,5192	m
n=	0,015	
S=	0,045	se toma la mas critica
ENTONCES		
l=	1,28	m
ANCHO(a)=	0,8	m

Q manning > Q de aporte,

OK

Determinamos que para el caudal producido por la intensidad de lluvia sobre nuestra plataforma vs. el caudal que puede soportar la sección triangular que adoptamos, cumple con amplitud. En nuestra experiencia las cunetas laterales en carreteras usualmente hay presencia de basura, material orgánico o material granular propio del lugar, afectando así el área hidráulica, por lo cual se aconseja siempre dimensionar una sección capaz de soportar estos imprevistos.

2.7.2.2 ALCANTARILLAS DE ALIVIO

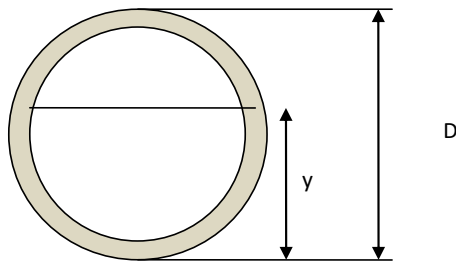
En diferentes tramos donde se emplazarán cunetas, estas presentan longitudes grandes hasta llegar a la alcantarilla próxima, para esto es necesario aliviar la cuneta a una distancia de 100 – 150 m, para dimensionar la alcantarilla se considera parcialmente llena proyectada a 0,75 de su sección y flujo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

Para este tipo de obras de drenaje, por experiencia sabemos que por mas escasa que sea la presencia de fuertes lluvias, estadísticamente es posible un evento de mayor magnitud, teniendo en cuenta eso el diámetro mínimo según norma es de $\varnothing = 0.5$ mts., nosotros

recomendamos por motivos operacionales de limpieza y mantenimiento un diámetro mínimo $\varnothing = 1.0$ mts.

Figura n° 48

Tubería parcialmente llena



Para tuberías parcialmente llenas:

$$A = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta) \text{ ec. 73}$$

$$P = \frac{D \cdot \theta_r}{2} \text{ ec. 74}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D - 2 \cdot Y}{D}\right) \text{ ec. 75}$$

$$Q = \frac{0,31185392 \cdot D^{\frac{3}{8}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \text{ ec. 76}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/seg)

A: Área (m²)

P: Perímetro mojado (m)

n: Coeficiente de rugosidad

S: Pendiente de la tubería (m/m)

D: Diámetro de la tubería (m)

Tabla n° 50

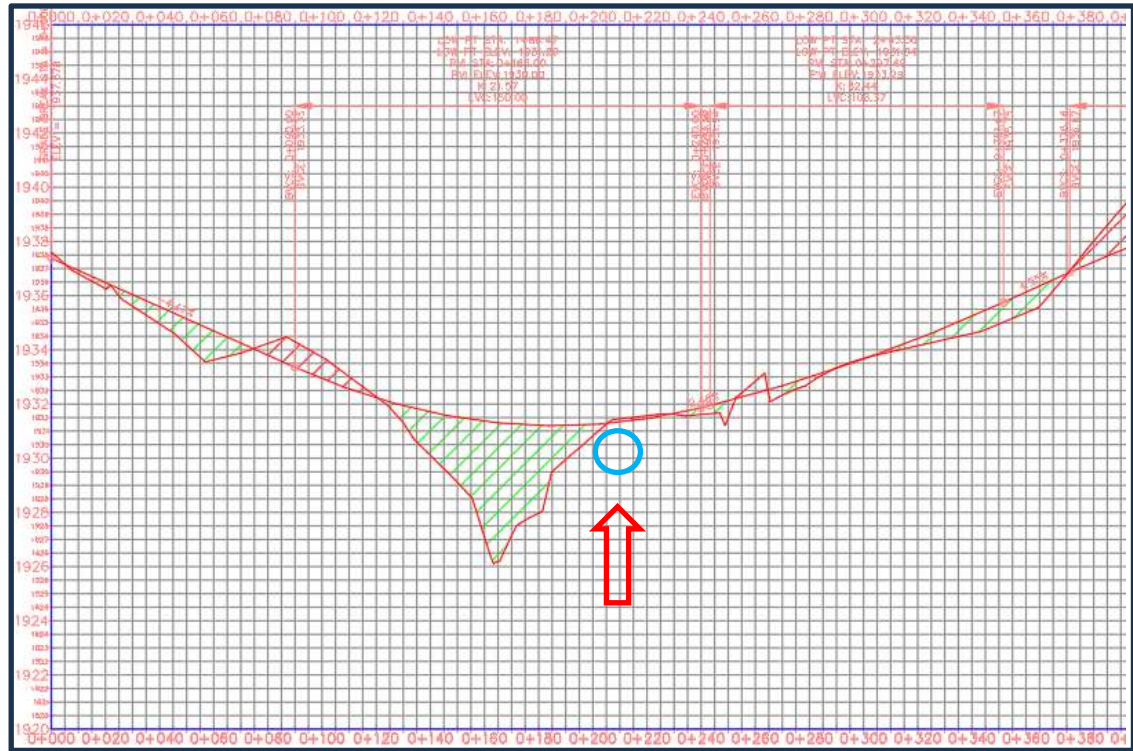
Coeficientes de Manning

MATERIAL	n
Acero Corrugado	-
Acero con juntas <u>lock-bar</u> (nuevo)	-
Acero galvanizado (nuevo y usado)	0,0140
Acero remachado (nuevo)	0,0150 - 0,0160
Acero remachado (usado)	-
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (nuevo)	0,0120 - 0,0130
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (usado)	-
Acero sin costura (nuevo)	-
Acero sin costura (usado)	-
Acero soldado, con revestimiento especial (nuevo y usado)	-
Fierro fundido limpio (nuevo)	0,0130
Fierro fundido, sin incrustaciones (usado)	-
Fierro fundido, sin incrustaciones (viejo)	-
Plástico	-
Asbesto cemento (nuevo)	-
Concreto acabado liso	-
Concreto acabado común	-
Concreto monolítico, colocado con cimbras deslizantes (D > 1,25 m)	0,0100 - 0,0110
Concreto monolítico bien cimbrado y pulido (D > 1,25 m)	0,0110 - 0,0123
Concreto monolítico bien cimbrado y sin pulir (D > 1,25 m)	0,0140 - 0,0150
Concreto con acabado tosco (D > 1,25 m)	0,0150 - 0,0170
Concreto con juntas de macho y campana (D > 0,8 m)	0,0105 - 0,0120
Concreto con juntas toscas (D > 0,5 m)	0,0125 - 0,0140
Concreto con juntas toscas (D < 0,5 m)	0,0140 - 0,0170
Conductos para alcantarillado	-
Tubos de barro vitrificado (drenes)	0,0110
Túneles perforados en roca sin revestimiento	0,0250 - 0,0400
Madera cepillada o en duelas	0,0105 - 0,0120

Fuente: Hidráulica Sotelo

A continuación, veremos que esta alcantarilla de alivio es la que tiene más aporte por estar con dos pendientes en contra, es la que analizaremos por su complejidad.

Figura n° 49



Fuente: Propia

Analizamos todos los datos de aporte para esta alcantarilla con el software HY-8 y obtenemos lo siguiente:

Figura n° 50

Crossing Data - ALCANTARILLA DE ALVIO 0+160

Name: **ALVIO 0+160**

Culvert Properties

Parameter Value Units

DISCHARGE DATA

Discharge Method Minimum, Design, and Maximum

Minimum Flow 0.000 cms

Design Flow 0.327 cms

Maximum Flow 1.200 cms

TAILWATER DATA

Channel Type Rectangular Channel

Bottom Width 2.500 m

Channel Slope 0.0030 m/m

Manning's n (channel) 0.030 m

Channel Invert Elevation 1926.230 m

Rating Curve View...

ROADWAY DATA

Roadway Profile Shape Constant Roadway Elevation

First Roadway Station 160.000 m

Crest Length 50.000 m

Crest Elevation 1931.206 m

Roadway Surface Paved

Top Width 9.150 m

CULVERT DATA

Name ALVIO 0160

Shape Circular

Material Corrugated Steel

Diameter 1000.000 mm

Embedment Depth 0.000 mm

Manning's n 0.024

Culvert Type Straight

Inlet Configuration Square Edge with Headwall (K_e=0.5)

Inlet Depression? No

SITE DATA

Site Data Input Option Culvert Invert Data

Inlet Station 0.000 m

Inlet Elevation 1926.980 m

Outlet Station 15.000 m

Outlet Elevation 1926.230 m

Number of Barrels 1

Computed Culvert Slope 0.050000 m/m

Buttons: Add Culvert, Duplicate Culvert, Delete Culvert, Analyze Crossing, Energy Dissipation, ACP, Low Flow, Help, OK, Cancel

ADOPTANDO EL CAUDAL DE DISEÑO Y EL CAUDAL MAXIMO

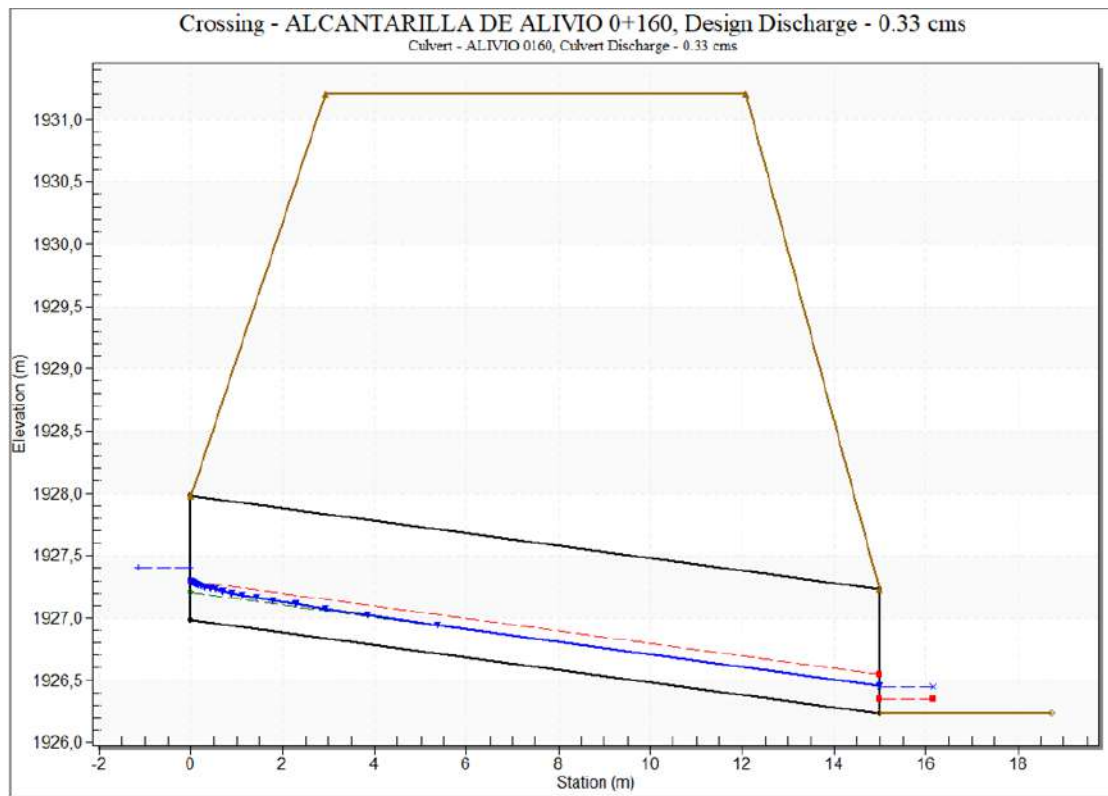
ADOPTAMOS UN DIAMETRO INICIAL Y SIMULAMOS

INTRODUCIMOS DATOS AGUAS ABAJO Y EL NUMERO DE BATERIAS O CELDAS

INCLUIAMOS LA COTA DE TERRENO, PENDIENTE DE LA ALCANTARILLA

Fuente: software HY-8

Figura n° 51



Fuente: software HY-8

El software nos permite simular el tipo de flujo y los niveles o cotas que alcanza el agua dentro de la alcantarilla que estamos modelando, controlando así los diámetros y verificando el funcionamiento de la misma.

El software también nos permite determinar el caudal necesario para que se produzca un evento que dañe la estructura y rebalse hacia la cota de la carpeta.

Tabla n° 51

Summary of Flows at Crossing - ALCANTARILLA DE ALIVIO 0+160

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ALIVIO 0160 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1926.98	0.00	0.00	0.00	1
1927.23	0.12	0.12	0.00	1
1927.34	0.24	0.24	0.00	1
1927.40	0.33	0.33	0.00	1
1927.50	0.48	0.48	0.00	1
1927.58	0.60	0.60	0.00	1
1927.65	0.72	0.72	0.00	1
1927.72	0.84	0.84	0.00	1
1927.78	0.96	0.96	0.00	1
1927.85	1.08	1.08	0.00	1
1927.92	1.20	1.20	0.00	1
1931.21	4.14	4.14	0.00	Overtopping

CAUDAL NECESARIO PARA PROVOCAR REBALSE

Fuente: software HY-8

Simulando las alturas de la superficie de agua dentro de la alcantarilla y con ambos caudales y nuestro diámetro adoptado, comprobamos que esta misma cumple.

Tabla n° 52

Culvert Summary Table - ALIVIO 0160

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1926.98	0.00	0.0	0-4F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.12	1927.23	0.25	0.0*	1-52n	0.14	0.19	0.14	0.12	1.83	0.41
0.24	0.24	1927.34	0.36	0.0*	1-52n	0.19	0.27	0.19	0.18	2.24	0.53
0.33	0.33	1927.40	0.42	0.0*	1-52n	0.23	0.32	0.23	0.22	2.45	0.60
0.48	0.48	1927.50	0.52	0.0*	1-52n	0.27	0.39	0.28	0.28	2.71	0.68
0.60	0.60	1927.58	0.60	0.0*	1-52n	0.31	0.44	0.32	0.32	2.81	0.74
0.72	0.72	1927.65	0.67	0.0*	1-52n	0.34	0.48	0.34	0.37	3.07	0.79
0.84	0.84	1927.72	0.74	0.0*	1-52n	0.37	0.52	0.37	0.41	3.17	0.83
0.96	0.96	1927.78	0.80	0.01	1-52n	0.40	0.56	0.40	0.44	3.23	0.87
1.08	1.08	1927.85	0.87	0.09	1-52n	0.42	0.60	0.42	0.48	3.43	0.90
1.20	1.20	1927.92	0.94	0.19	1-52n	0.45	0.63	0.46	0.51	3.42	0.93

CAUDAL DE DISEÑO, NO OCUPA NI EL 50% DEL DIAMETRO

CAUDAL MAXIMO, TAMPOCO LLEGA A COLMATAR LA ALCANTARILLA

Fuente: software HY-8

2.7.2.3 ALCANTARILLAS DE CRUCE

Son obras de cruce o de drenaje transversal que en algunos subtramos sirven de alivio para que las cunetas evacuen sus aguas.

Son obras de cruce o de drenaje transversal que en algunos subtramos sirven de alivio para que las cunetas evacuen sus aguas.

Las alcantarillas se diseñarán en base al software HY-8, El modelo hidráulico para resolución de alcantarillas HY8 fue desarrollado por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Actualmente es uno de los modelos hidráulicos que corre en un programa de distribución gratuita (software libre) y es de sencilla utilización para el diseño de alcantarillas.

Figura n° 52

The screenshot displays the HY-8 software interface for designing a culvert. The main window is titled 'Crossing Data - proyecto de grado'. It contains several sections for inputting data:

- Discharge Data:** Includes fields for Discharge Method (Minimum, Design, and Maximum), Minimum Flow (0.000 cms), Design Flow (4.700 cms), and Maximum Flow (5.070 cms).
- Tailwater Data:** Includes fields for Channel Type (Trapezoidal Channel), Bottom Width (9.000 m), Side Slope (H:V) (0.750 :1), Channel Slope (0.0030 m/m), Manning's n (channel) (0.030), and Channel Invert Elevation (1925.940 m).
- Roadway Data:** Includes fields for Roadway Profile Shape (Constant Roadway Elevation), First Roadway Station (0.000 m), Crest Length (20.000 m), Crest Elevation (1930.820 m), Roadway Surface (Paved), and Top Width (9.300 m).

The 'Culvert Properties' window is also visible, showing the following data:

- Culvert Data:** Name (alcantarilla 1+660), Shape (Circular), Material (Corrugated Steel), Diameter (1800.000 mm), Embedment Depth (0.000 mm), Manning's n (0.024), Culvert Type (Straight), Inlet Configuration (Square Edge with Headwall (Ke=0.5)), and Inlet Depression? (No).
- Site Data:** Site Data Input Option (Culvert Invert Data), Inlet Station (0.000 m), Inlet Elevation (1926.000 m), Outlet Station (20.000 m), Outlet Elevation (1925.940 m), Number of Barrels (2), and Computed Culvert Slope (0.003000 m/m).

At the bottom of the interface, there are buttons for Help, Low Flow, AOP, Energy Dissipation, Analyze Crossing, OK, and Cancel.

Fuente: Propia

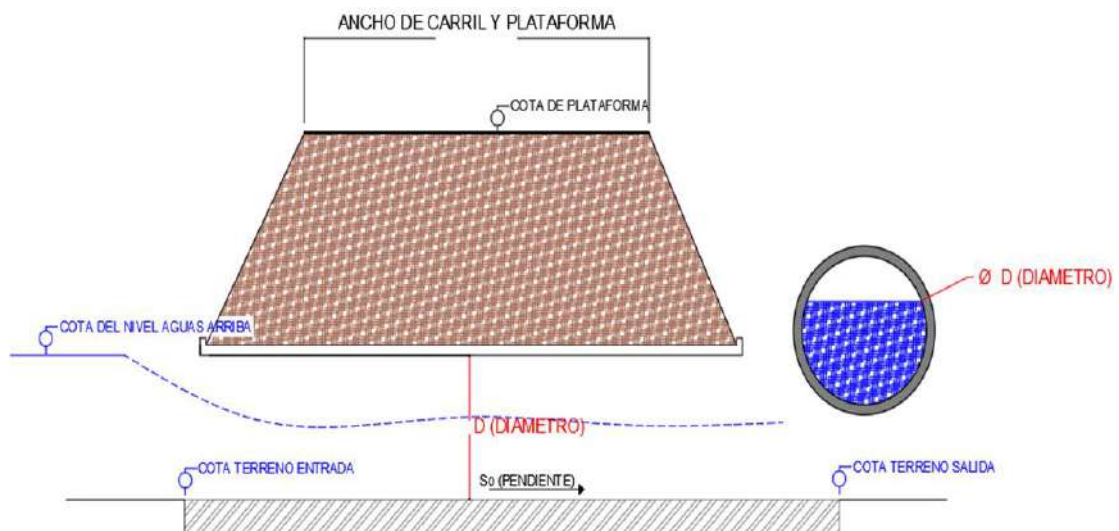
En este trabajo aplicaremos el software HY-8, es un programa de análisis hidráulico, que automatiza los cálculos hidráulicos de las alcantarillas utilizando una serie de características esenciales que facilitan el análisis y el diseño de alcantarillas. Es por eso que lo aplicaremos en este proyecto.

En el siguiente esquema podemos observar cómo se ubica nuestra estructura de drenaje, en este caso una alcantarilla de cruce, e indicamos también nuestras cotas o niveles del terreno respecto a nuestra plataforma, de forma indicativa por el momento.

A continuación, aplicaremos un software HY-8, que no solo nos ayudara a determinar diámetros funcionales respecto a nuestro caudal de diseño, sino a su vez también nos proporcionara información sobre el tipo de flujo que produce aguas abajo.

Como ya indicamos anteriormente, procederemos con las cuencas de mayor aporte por escorrentía:

Figura n° 53



Fuente: Propia

Teniendo como datos de proyecto, el caudal de diseño, niveles o alturas topográficas proyectadas en terreno, además de adoptar el tipo de material con el que proyectamos la alcantarilla; nos permite con estos datos, aplicar el SOFTWARE HY-8, con el cual

podemos iterar distintos diámetros de tubería hasta encontrar el más funcional y económico que brinde seguridad a nuestro trabajo proyectado.

Primeramente, introducimos los datos preliminares:

Crossing Properties
Name: proyecto de grado

DISCHARGE DATA

Parameter	Value	Units
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.700	cms
Maximum Flow	5.070	cms

TAILWATER DATA

Parameter	Value	Units
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	9.000	m
Side Slope (H:V)	1:1	
Channel Slope	0.0030	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	1925.940	m

ROADWAY DATA

Parameter	Value	Units
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	20.000	m
Crest Elevation	1930.820	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	9.300	m

CULVERT DATA

Parameter	Value	Units
Name	alcantarilla 14660	
Shape	Circular	
Material	Corrugated Steel	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.024	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall (Ke=0.5)	
Inlet Depression?	No	

SITE DATA

Parameter	Value	Units
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	1926.000	m
Outlet Station	20.000	m
Outlet Elevation	1925.940	m
Number of Barrels	2	
Computed Culvert Slope	0.003000	m/m

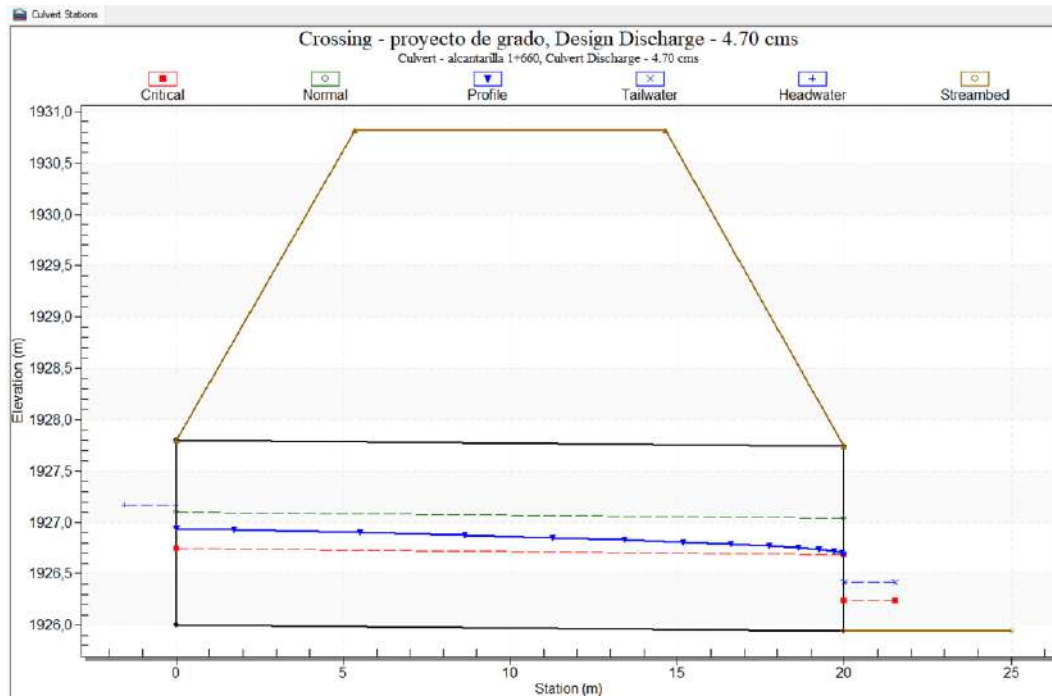
Annotations:

- Introducimos el caudal de diseño y podemos incluir también un caudal proyectado mas desfavorable (pointing to Design Flow).
- Introducimos propiedades de la alcantarilla aguas abajo (pointing to Tailwater Data).
- Introducimos propiedades del tipo de alcantarilla que queremos modelar (pointing to Culvert Data).
- Introducimos niveles topograficos de entrada y salida del modelo, como tambien el numero de celdas a modelar (pointing to Site Data).

Fuente: software HY-8

Primeramente, el software nos grafica los niveles del flujo aguas arriba, adentro y aguas debajo de la alcantarilla.

Figura n° 55



Fuente: software HY-8

Como resultado de la primera iteración, vemos que la simulación de una tubería con un diámetro adoptado esta misma no está trabajando como tubería llena y tampoco produce una flujo turbulento ni abrasivo con la estructura, permitiendo evacuar no solo el caudal de diseño, sino también a su vez el caudal proyectado en caso de una eventual crecida.

(Ver línea azul )

En iteraciones previas, se intentó adoptar un diámetro menor, como por ejemplo $\varnothing=1.5$ mts., en estas iteraciones el caudal máximo (correspondiente a un periodo de retorno de $T=50$ años), la tubería llega a trabajar a más de un 75% de su capacidad, lo cual no es recomendable, según norma.

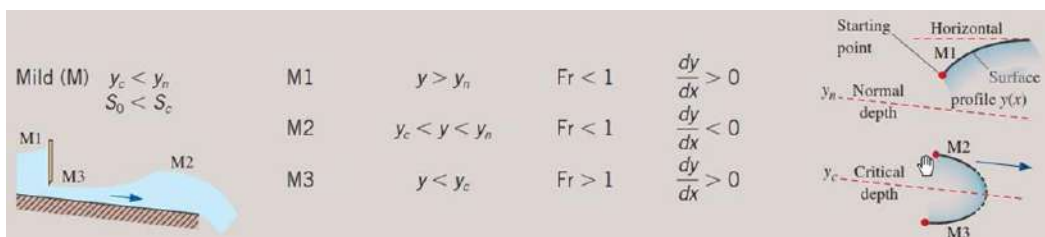
Como resultado de la modelación de la alcantarilla, obtenemos la siguiente tabla con los datos de caudales que fluyen a través de la alcantarilla, niveles superficiales del flujo a lo largo de la alcantarilla.

Tabla n° 53

Culvert Summary Table - alcantarilla 1+660

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1926.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.51	0.51	1926.37	0.32	0.37	2-M2c	0.33	0.24	0.24	0.12	1.27	0.45
1.01	1.01	1926.52	0.46	0.52	2-M2c	0.47	0.34	0.34	0.19	1.52	0.59
1.52	1.52	1926.65	0.57	0.65	2-M2c	0.58	0.42	0.42	0.24	1.70	0.69
2.03	2.03	1926.75	0.66	0.75	2-M2c	0.67	0.48	0.48	0.29	1.84	0.77
2.53	2.53	1926.84	0.75	0.84	2-M2c	0.76	0.54	0.54	0.33	1.96	0.83
3.04	3.04	1926.93	0.82	0.93	2-M2c	0.84	0.60	0.60	0.37	2.07	0.89
3.55	3.55	1927.01	0.89	1.01	2-M2c	0.92	0.65	0.65	0.40	2.16	0.95
4.06	4.06	1927.08	0.97	1.08	2-M2c	1.00	0.69	0.69	0.44	2.25	1.00
4.70	4.70	1927.17	1.05	1.17	2-M2c	1.10	0.75	0.75	0.48	2.35	1.05
5.07	5.07	1927.22	1.10	1.22	2-M2c	1.15	0.78	0.78	0.50	2.41	1.08

CAUDAL TOTAL	CAUDAL QUE PASA POR LA ALCANTARILLA	ALTURA AGUAS ARIIBA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA	ALTURA DE CONTROL AL INGRESO	ALTURA DE CONTROL A LA SALIDA	TIPO DE FLUJO
--------------	-------------------------------------	---	------------------------------	-------------------------------	---------------



Fuente: software HY-8

Como podemos observar, luego de las iteraciones con distintos diámetros, el que adoptamos como óptimo $\varnothing=1.8$ mts., cumple con las exigencias del caudal de diseño y del caudal máximo, teniendo como resultado una alcantarilla que no colapsara ni trabajara a su máxima capacidad, como indica la norma. Además también podemos observar que con

este diámetro se produce un tipo de flujo M2, que no resulta abrasivo aguas debajo de nuestra estructura de drenaje.

En esta parte podemos identificar que ambos caudales cumplen con el propósito de diseño y dimensionamiento.

Tabla n° 54

Culvert Summary Table - alcantarilla 1+660

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type
0.00	0.00	1926.00	0.00	0.0	0-NF
0.51	0.51	1926.37	0.32	0.37	2-M2c
1.01	1.01	1926.52	0.46	0.52	2-M2c
1.52	1.52	1926.65	0.57	0.65	2-M2c
2.03	2.03	1926.75	0.66	0.75	2-M2c
2.53	2.53	1926.84	0.75	0.84	2-M2c
3.04	3.04	1926.93	0.82	0.93	2-M2c
3.55	3.55	1927.01	0.89	1.01	2-M2c
4.06	4.06	1927.08	0.97	1.08	2-M2c
4.70	4.70	1927.17	1.05	1.17	2-M2c
5.07	5.07	1927.22	1.10	1.22	2-M2c

CAUDAL DE DISEÑO Y CAUDAL PROYECTADO

CON AMBOS CAUDALES, LOS NIVELES DEL FLUJO EN LA ALCANTARILLA NO LLEGAN A COLMATAR LA MISMA

Summary of Flows at Crossing - proyecto de grado

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	alcantarilla 1+660 Discharge	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1926.00	0.00	0.00	0.00	1
1926.37	0.51	0.51	0.00	1
1926.52	1.01	1.01	0.00	1
1926.65	1.52	1.52	0.00	1
1926.75	2.03	2.03	0.00	1
1926.84	2.53	2.53	0.00	1
1926.93	3.04	3.04	0.00	1
1927.01	3.55	3.55	0.00	1
1927.08	4.06	4.06	0.00	1
1927.17	4.70	4.70	0.00	1
1927.22	5.07	5.07	0.00	1
1930.82	27.14	27.14	0.00	Overtopping

CAUDAL NECESARIO PARA REVALSAR Y ALCANZAR LA COTA DE LA CARRETERA

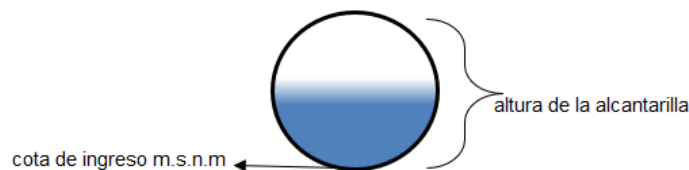
Fuente: software HY-8

En estas tablas podemos observar como el software modela los peores escenarios que pueden presentarse dentro de nuestra alcantarilla, y nos ayuda a prever de un mal diseño o de un sobredimensionamiento.

A continuación, revisaremos la tabla resumen de esta alcantarilla:

Tabla n° 55

RESUMEN								
ALCANTARILLA	PROG.	1+660						
CAUDAL (M3/Seg)	n	i (m/m)	n	Ø (mm)	Nº de Baterías	COTAS (m.s.n.m)		
	AGUAS ABAJO		ALCANTARILLA			INGR.	SALIDA	
Q Dis (T=25 AÑOS) =	4,7							
Q Max (T=50 AÑOS) =	5.07	0,03	0,003	0,024	1800	2	1926	1925,94



Para estos caudales los resultados son los sgtes.

	COTA (m.s.n.m) de ingreso de la superficie del agua	Altura de control al ingreso (m)	Altura de control a la Salida (m)	Ø (mm) adoptado
Q Dis (T=25 AÑOS) = 4,7	1927,17	1,05	1,17	1800
Q Max (T=50 AÑOS) = 5,07	1927,22	1,1	1,22	

Fuente: software HY-8

Como podemos observar, la alcantarilla en ningún caso ya sea con el caudal de diseño o con el caudal máximo, se llega a colmatar, trabajando de manera correcta y segura.

A continuación, el resumen de las demás alcantarillas presentes en el proyecto, aplicando el mismo software:

Tabla n° 56

ALCANTARILLAS DE CRUCE

PROGRESIVA	CAUDAL (m3/seg)		DIAMETRO
	DIS.	MAX.	Ø (mm)
1+636	4,7	5,07	1800
2+078	1,93	2,09	1200

ALCANTARILLAS DE ALIVIO

PROGRESIVA	CAUDAL (m3/seg)		DIAMETRO
	DIS.	MAX.	Ø (mm)
0+191	0,484	1,2	1000
0+784	0,285	1,2	1000
0+985	0,285	1,2	1000
1+267	0,157	1,2	1000
2+434	0,252	1,2	1000
2+864	0,313	1,2	1000
3+491	0,325	1,2	1000
3+851	0,218	1,2	1000
4+409	0,278	1,2	1000
4+700	0,287	1,2	1000

Fuente: software HY-8

Como observamos en la tabla resumen, adoptaremos como diámetro de alcantarillas de alivio el diámetro nominal $\varnothing = 1000$ mm o 1 mts., para lluvias con intensidad de lluvia correspondiente a periodos de retorno de $T = 50$ años.

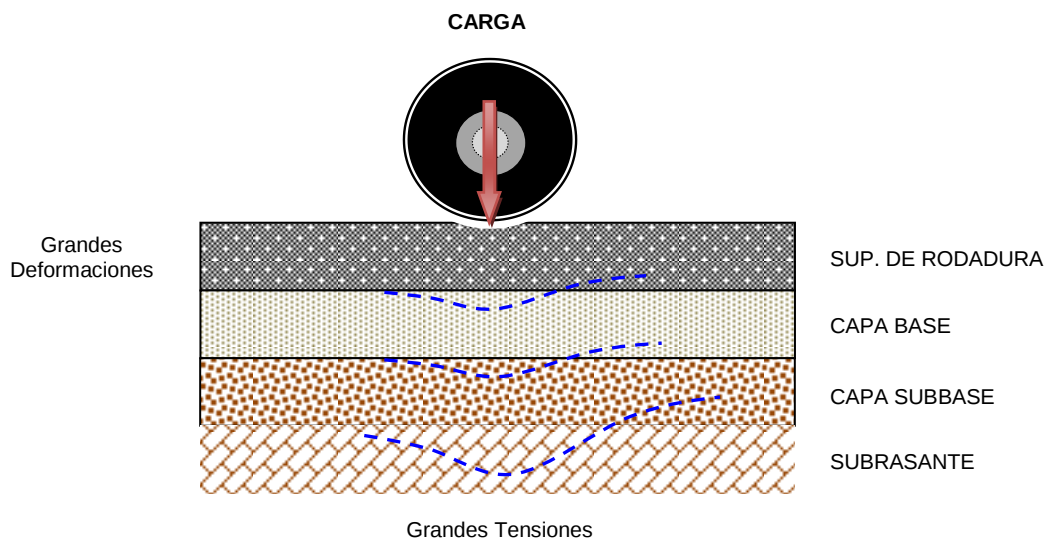
2.8 DISEÑO Y CALCULO DE ESPESORES PAVIMENTO FLEXIBLE

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Este tipo de pavimento (flexible), está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Figura n° 56

Esquema del comportamiento de pavimento flexible



Fuente: Propia

Características de un pavimento:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito
- Ser resistente ante los agentes extremos de diversos climas
- Debe ser durable

- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje
- Presentar una textura superficial adecuada, que permita la circulación de vehículos a las velocidades de diseño.
- Debe ser económico
- Debe poseer un color adecuado para evitar reflejos

2.8.1 PARAMETROS DE DISEÑO

A continuación, indicaremos factores que intervienen en el diseño de los pavimentos:

El tránsito, interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tandem, tridem) esperadas en el carril de diseño (el más solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera) durante el periodo de diseño adoptado.

La subrasante

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

El clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia y características volumétricas y de soporte de un suelo o estrato ya confinado.

Por otra parte, los cambios de temperatura en los pavimentos rígidos ocasionan en estos esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas.

Disponibilidad de materiales

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Se considera la disponibilidad de los agregados en canteras o depósitos aluviales, además de su calidad requerida, las distancias de acarreo si existiese.

2.8.2 DIMENSIONAMIENTO

2.8.2.1 METODO AASHTO

Es un método empírico muy desarrollado basado en la ecuación original de AASHO, que depende diversas variables, en función del tiempo y el tránsito, el diseño consiste en determinar el número estructural (SN) de las diferentes capas, en función al tipo de carga solicitado.

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \cdot \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\frac{\log(\Delta PSI)}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(M_R) - 8,07 \quad ec. 77$$

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 \quad ec. 78$$

W_{18} : Trafico equivalente o ESAL's

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

S_0 : Desviación estándar

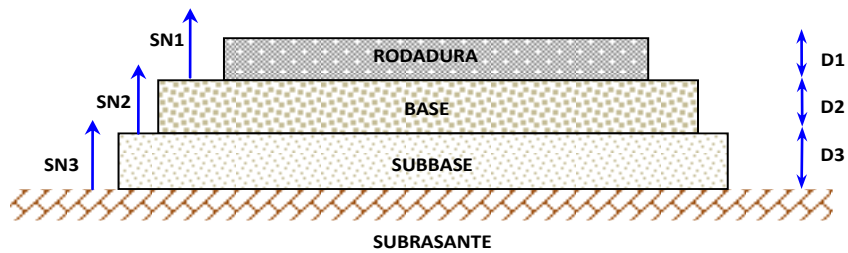
ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

M_R : Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

SN : Numero estructural

Figura n° 57

Gráfica del diseño estructural



Fuente: Propia

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3 \quad \text{ec. 79}$$

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* > SN_1 \quad \text{ec. 80}$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \cdot m_2} \quad SN_2^* = D_2^* \cdot a_2 \cdot m_2 \quad \text{ec. 81}$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \cdot m_3} \quad SN_3^* = D_3^* \cdot a_3 \cdot m_3 \quad \text{ec. 82}$$

Donde:

$a_1 = a_2 = a_3$: Coeficiente de Capa

$m_1 = m_2 = m_3$: Coeficiente de drenaje

$SN_1 = SN_2 = SN_3$: Numero estructural

$SN_1^* = SN_2^* = SN_3^*$: 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

Módulo Resiliente

El módulo resiliente reemplaza al CBR ya que es un ensayo mucho más sensible a las propiedades de los suelos, en nuestro medio no se cuenta con los equipos necesarios para determinar el módulo resiliente es de esta manera que se recurre a ecuaciones que correlaciona al CBR con el Módulo Resiliente (M_r), se considera como módulo de concreto asfáltico 2070 Mpa para el asfalto, obteniendo este parámetro de suma importancia.

Ecuaciones del Laboratorio de investigación de transporte y carreteras (TRRL)

$$Mr_{(Mpa)} = 17,6 \cdot CBR \quad CBR < 12\% \quad \text{ec. 83}$$

$$Mr_{(Mpa)} = 22,1 \cdot CBR^{0,55} \quad 12\% \leq CBR < 80\% \quad \text{ec. 84}$$

Donde:

M_r : Módulo resiliente (Mpa)

CBR: Relación de soporte california (%)

Tabla n° 57

MODULO RESILIENTE SUBRASANTE								
PROGRESIVA		CLASIFICACION	DEN. MAX. (Gr/Cm3)	HUM. OP. (%)	CBR			MR (Mpa)
						0,1"	0,2"	
0+000	0+400	A-2-4	2,002	9,6	D. MAX 95%	21	28	117,93
					D. MAX 98%	27	39	
					D. MAX 100%	32	19	
0+400	0+800	A-2-4	2,023	9	D. MAX 95%	20	28	114,80
					D. MAX 98%	29	39	
					D. MAX 100%	39	50	
0+800	1+200	A-2-4	2,037	8,8	D. MAX 95%	20,5	23	116,37
					D. MAX 98%	31	37,5	
					D. MAX 100%	41	53	
1+200	1+600	A-2-4	2,017	8,6	D. MAX 95%	19,2	25	112,26
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	32	46	
1+600	2+000	A-2-4	2,029	8,1	D. MAX 95%	22	25	120,98
					D. MAX 98%	34	39	
					D. MAX 100%	46	54	
2+000	2+400	A-2-4	1,986	7,6	D. MAX 95%	22	25	120,98
					D. MAX 98%	34	39	
					D. MAX 100%	46	54	
2+400	2+800	A-2-4	2,021	9	D. MAX 95%	19,5	25	113,22
					D. MAX 98%	25	37	
					D. MAX 100%	30	48	
2+800	3+200	A-2-4	2,09	10,1	D. MAX 95%	19,7	28	113,85
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	31	45	
3+200	3+600	A-2-4	1,986	7,6	D. MAX 95%	23	27	123,98
					D. MAX 98%	34,5	42,5	
					D. MAX 100%	45	58	
3+600	4+000	A-2-4	1,997	8,2	D. MAX 95%	23,2	29	124,57
					D. MAX 98%	33,2	42,5	
					D. MAX 100%	43	54	
4+000	4+400	A-2-4	2,017	8,6	D. MAX 95%	19,5	25	113,22
					D. MAX 98%	26	36	
					D. MAX 100%	32	46	
4+400	4+800	A-2-4	1,989	8	D. MAX 95%	25	33,2	129,80
					D. MAX 98%	32,5	41,5	
					D. MAX 100%	40	49	

Fuente: Propia

Tabla n° 58

MODULO RESILIENTE <u>SUB-BASE</u>		CBR	Mr (Mpa)
A-1(0)-0	D. MAX 95%	68	225.05
A-1(0)-0	D. MAX 95%	91	264.16
A-1(0)-0	D. MAX 95%	66	221.38

Fuente: Propia

*se realizaron tres muestras de material de rio tolomosa (banco de materiales)

Período de Vida Útil.-

Es el período que está comprendida entre la construcción del pavimento hasta que alcance un grado de serviciavilidad mínimo.

Período de Diseño. -

Es el tiempo en el cual se diseña un pavimento rígido o flexible en función al tránsito.

Tabla n° 59

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales Suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectores Suburbanas	10 - 20 años
Colectores Rurales	

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento

Desvío Estándar (So).- El desvío estándar recomendable para utilizar es el siguiente:

Tabla n° 60

Desvío estándar

TIPO	So
Pavimento Flexible	0,40 - 0,50
En construcción nueva	0,35 - 0,40
En sobre capas	0,5

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento

Serviciavilidad (Po,Pf).- Conocido también como índice de serviciavilidad indica el grado de confort, que tiene la superficie de rodadura.

Los valores recomendados de acuerdo al tipo de pavimento:

Tabla n° 61

TIPO DE CAMINO	Serviciavilidad Inicial Po	Serviciavilidad Final Pf
Pavimento Flexible	4,2	-
Pavimento Rígido	4,5	-
Caminos Principales	-	2,5
Caminos de Tránsito menor	-	2

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento

Pérdida de serviciavilidad (ΔP):

$$\Delta P = P_o - P_f \quad \text{ec. 85}$$

Donde:

ΔP : Pérdida de serviciavilidad

P_o : Serviaviabilidad inicial

P_f : Serviaviabilidad final

Confiabilidad (R).- Se define como el grado de seguridad que el pavimento llegue al fin de su período de diseño en buenas condiciones.

Tabla n° 62

Confiabilidad

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD "R"	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rutas Interestatales y Autopistas	58 - 99,9	80 - 99,9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento

Factor de distribución por dirección (DD).- Denominado a si a la distribución del tránsito que circula por cada carril, este valor es considerado generalmente 0,5.

Factor de distribución por carril (DL). - Este factor depende de la cantidad de carriles cuente la calzada de diseño siendo su valor máximo 1.

Tabla n° 63

Distribución por carril

Numero de carril	DL
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75

Fuente: Diseño de pavimento
AASHTO-97

Tránsito esperado (W_{18}):

$$W_{18} = ESAL's \cdot i \cdot DD \cdot DL \quad \text{ec. 86}$$

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° 64

Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

CALIDAD DE DRENAJE	% de Tiempo en que el Pavimento está Expuesto a niveles de Humedad próximos a Saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1,4 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy Pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón

Tabla n° 65

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: Diseño de pavimentos AASHTO-97

Por economía y estabilidad del paquete estructural no es recomendable colocar espesores menores a los mínimos sugeridos en la tabla anterior.

Método AASHTO. – Teniendo los valores de los módulos resilientes de las capas de apoyo usamos los ábacos correspondientes al método y obtenemos los siguiente:

Tabla n° 66

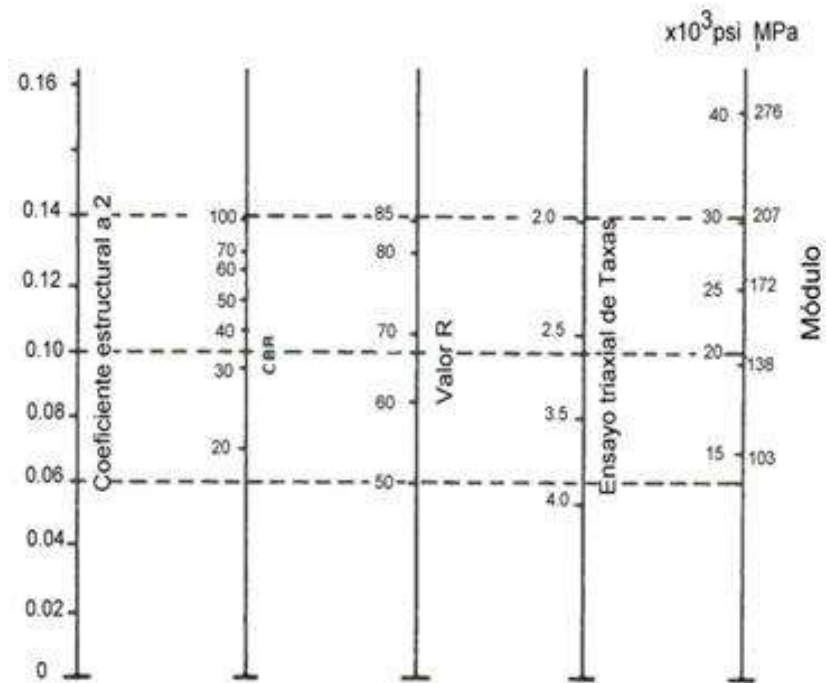
METODO AASHTO		
PROYECTO :	Diseño Geometrico y estructural ruta turistica del parque ecologico -San Jacinto	
CLASIFICACION :	Camino de Desarrollo	
TIPO DE SUELO :	A-2-(4)	

1-PARAMETROS DE DISEÑO			
Periodo de diseño:	15	años	
ESAL's :	7,2E+04		
R:	80	(Confiabilidad)	
So:	0,45	(Desv. Estandar)	
Po:	4,2	(Serv. Inicial)	
Pt:	2,0	(Serv. Final)	
APSI=	2,2		

2.1-CBR	
Subrasante	19,20
Capa SubBase	82,40 Esp.Tec.
Capa Base	100,00 Esp.Tec.
2.2-ECUACION DE CONVERSION	
$CBR \leq 7,2\% \Rightarrow MR = 1.500 * CBR$	
$7,2\% < CBR \leq 20\% \Rightarrow MR = 3.000 * CBR^{0,65}$	
$CBR > 20\% \Rightarrow MR = 4326 * Ln CBR + 241$	
2.3-MODULO RESILENTE	
M _{SR}	13023,9 psi
M _{SB}	19325,5 psi
M _B	35690,0 psi

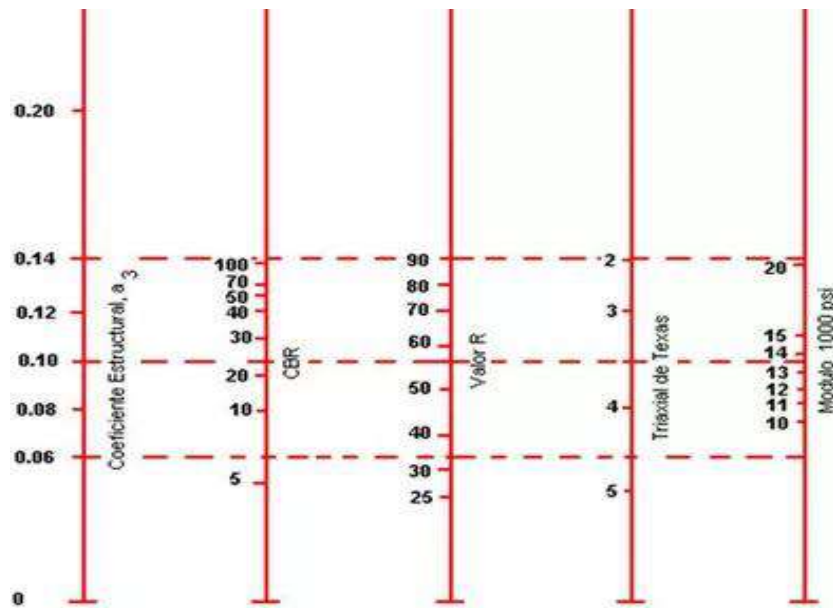
Fuente: Propia

figura n° 58



Fuente: Manual completo diseño de pavimentos UMSS

figura n° 59



Fuente: Manual completo diseño de pavimentos UMSS

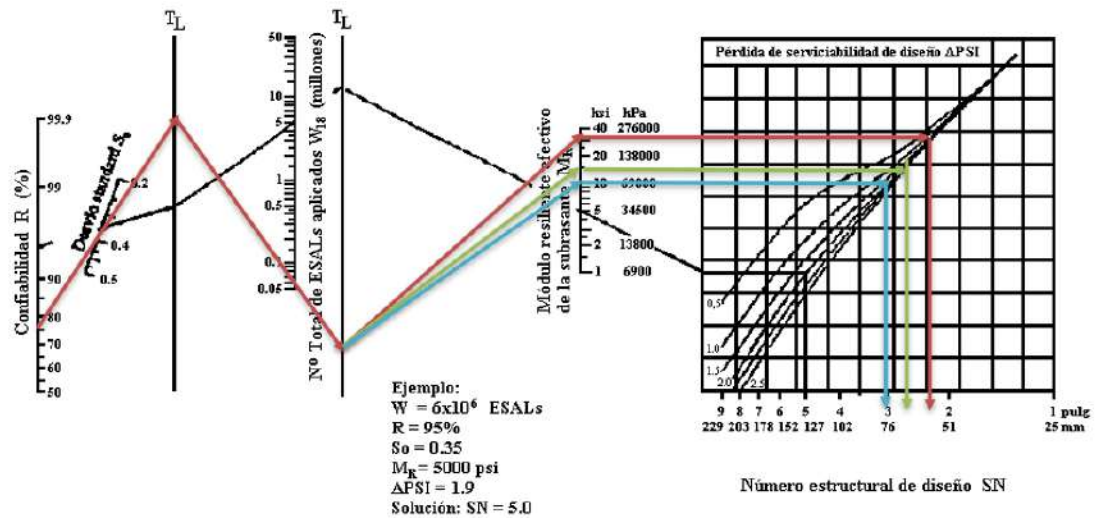
Tabla n° 67

3-COEFICIENTE DE CAPA			
a1:	0,36	(Pavimento)	
a2:	0,16	(Base)	
a3:	0,14	(Subbase)	
4-COEFICIENTE DE DRENAJE (5% - 25%)			
m2:	1,1	(Capa Base)	Drenaje Bueno
m3:	1	(Capa Subbase)	Drenaje Regular

Fuente: Propia

Usando el monograma obtenemos lo siguiente:

Figura n° 60



Fuente: Manual completo diseño de pavimentos UMSS

Tabla n° 68

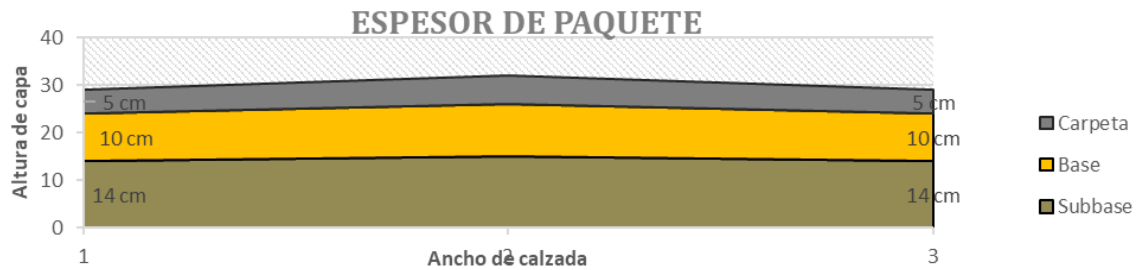
5-NUMERO ESTRUCTURAL			
SN1:	2,30	pulg	(Carpeta)
SN2:	2,80	pulg	(Base)
SN3:	3,00	pulg	(Subbase)

6-DISEÑO DE PAQUETE ESTRUCTURAL			
D1=	6,39	Adopto	D1= 6,4
D2=	2,84	Adopto	D2= 2,9
D3=	1,39	Adopto	D3= 1,4

-VERIF. DE NUMERO ESTRUCTURAL			
SN1:	2,30	SN*= SN1*+SN2*+SN3*	
SN2:	0,50	SN*=	3,00
SN3:	0,20	Ok Cumple !!!	

Fuente: Propia

Figura n° 61



Carpeta:	5 cm
Base:	10 cm
Subbase:	14 cm

Fuente: Propia

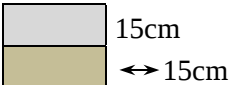
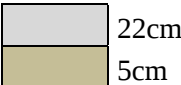
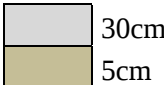
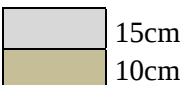
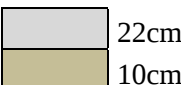
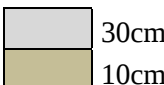
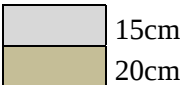
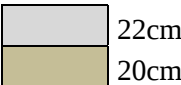
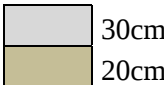
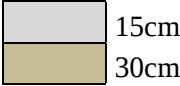
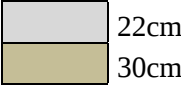
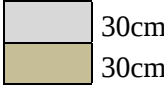
2.8.2.2 METODO INDICE DE GRUPO

Este es un método basado en principios geotécnicos que consiste en proteger la subrasante de tensiones excesivas bajo ciertas consideraciones que son tomadas en cuenta:

Terrenos de fundación debidamente compactados a humedad óptima y densidad máxima

Los sistemas de drenaje subterráneo y superficial son buenos, tomando en cuenta estas consideraciones previas consiste en determinar los espesores en base a una tabla que requiere del índice de grupo y el tránsito promedio diario anual:

Figura n° 62

ÍNDICE DE GRUPO	TRÁFICO LIVIANO	TRÁFICO MEDIANO	TRÁFICO PESADO
T.P.D.	< 50	50 - 300	> 300
Excelente (0-1)	 15cm	 22cm	 30cm
Bueno (1-2)	 15cm ↔ 15cm	 22cm 5cm	 30cm 5cm
Regular (2-4)	 15cm 10cm	 22cm 10cm	 30cm 10cm
Malo (2-9)	 15cm 20cm	 22cm 20cm	 30cm 20cm
Pésimo (> 9)	 15cm 30cm	 22cm 30cm	 30cm 30cm

Fuente: Carreteras Calles y aeropistas

2.8.2.3 METODO CBR

Este es un método empírico que para la determinación de los espesores utiliza el CBR (Relación de Soporte California) de la subrasante, subbase y la base, además teniendo en cuenta la carga por rueda o por eje conociendo estos parámetros se determinan los espesores en base ábacos o gráficos desarrollados a través de numerosas experiencias.

Para diferentes valores de CBR y cargas por rueda, o por eje, se han determinado los respectivos espesores de pavimentos, en base a datos experimentales. Los diferentes organismos viales y técnicos, han elaborado curvas para facilitar este cálculo, y en la actualidad se conoce un sinnúmero de gráficos para la determinación de espesores de pavimentos flexibles, en función del CBR.

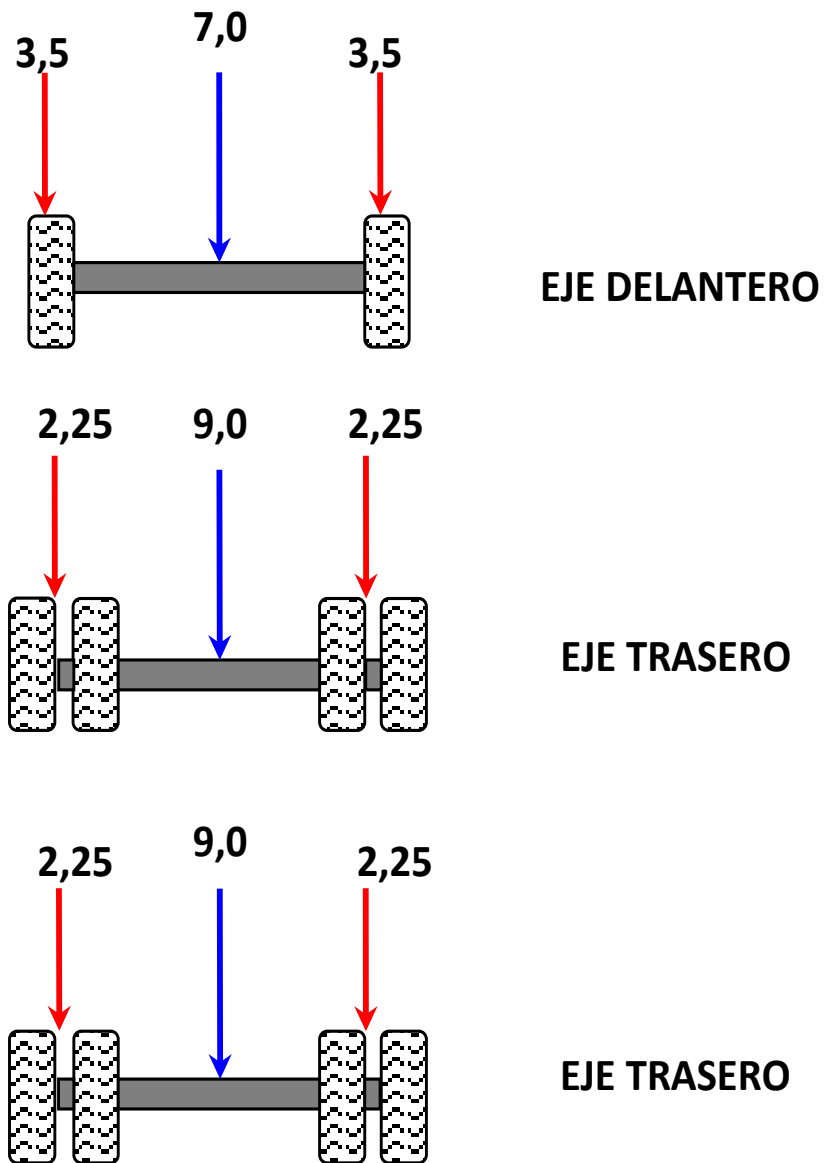
A continuación, indicaremos gráficos que fueron publicados por el departamento de carreteras de California. En dichos gráficos se ven varias curvas empleadas, hoy en día, para el cálculo de pavimentos flexibles, tanto de carreteras como de aeropuertos. En estos gráficos no se considera la influencia de las heladas.

En la construcción de un pavimento flexible, se recomienda que el material de sub-base tenga un CBR mayor del 15%. El material para base debe tener un CBR mayor a 40%, cuando las cargas por rueda son menores de 10.000 libras (4.540 kg), como es el caso de las carreteras en general, y un CBR no menor del 80% cuando las cargas por rueda son mayores a 10.000 libras, como puede ser en la mayoría de las pistas de aterrizaje.

Figura n° 63

Gráfica de carga por eje, por rueda

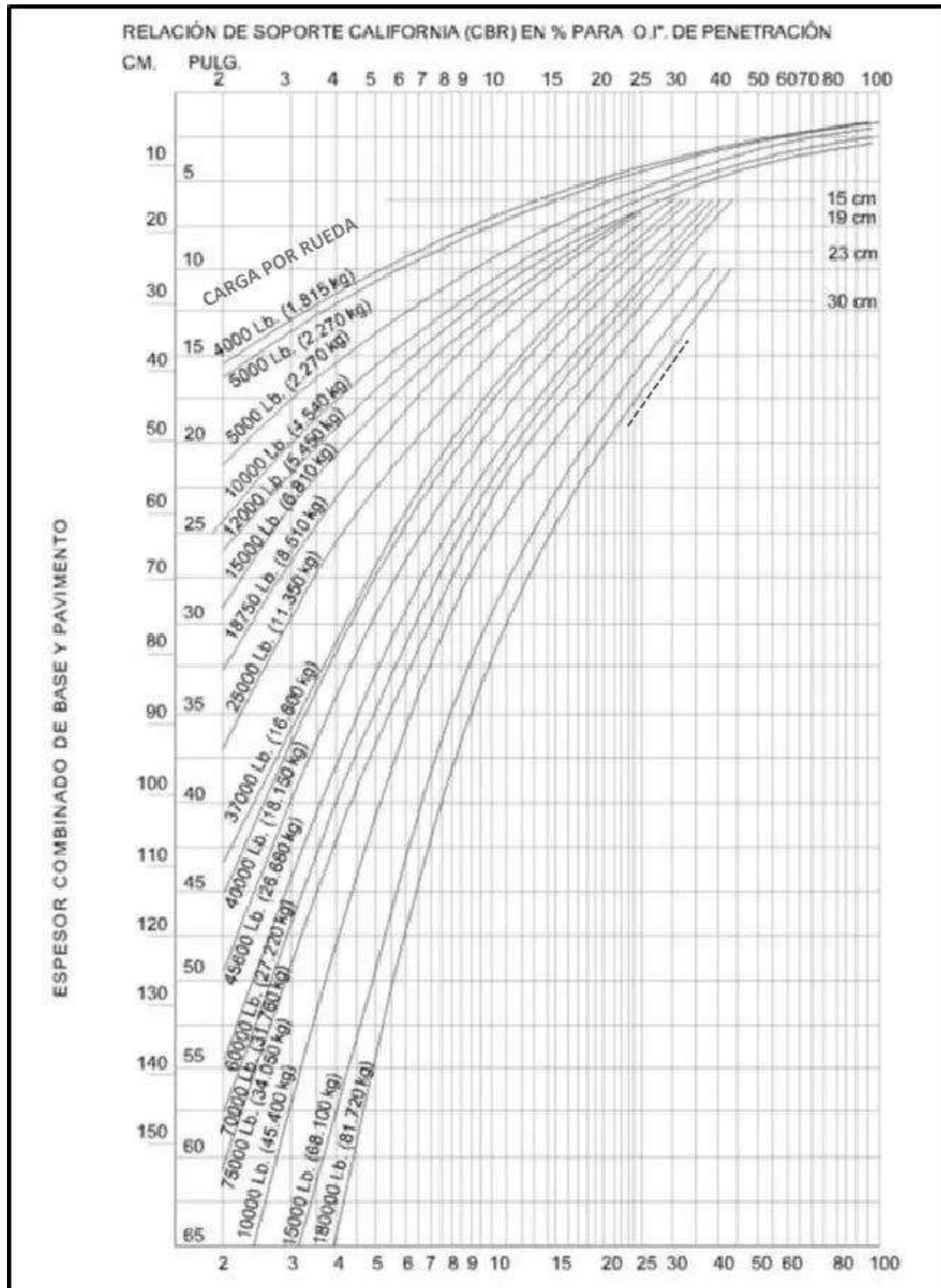
**CARGAS POR EJE – POR RUEDA
(tn)**



Fuente: Propia

Figura n° 64

Ábaco para la determinación de espesor para pavimentos flexibles mediante el CBR



Fuente: manual IBCH

2.8.2.4 TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Definición. – Tratamiento superficial bituminoso es un revestimiento en el que un agregado es colocado uniformemente sobre un ligante bituminoso, previamente aplicado sobre la calzada, para luego ser compactado. Su espesor es próximamente igual a la mayor dimensión de los fragmentos pétreos. Entre las técnicas de Pavimentación de carreteras, la de los tratamientos superficiales ha sido la que mayor evolución ha experimentado en los últimos años, pasando de un sistema destinado a tránsitos livianos a ser utilizado en tratamientos de carreteras con tránsito pesado y en muchos países, en autopistas. Los tratamientos superficiales pueden ser utilizados como capas de protección sobre caminos estabilizados o como conservación de pavimentos asfálticos. Los objetivos que se persiguen son la protección, impermeabilización y mejoramiento de la capa de rodadura, proporcionando además una superficie antideslizante.

Los tratamientos surgieron como una alternativa económica para carreteras de segundo o tercer nivel, de tráfico relativamente menor.

Se designa por tratamiento superficial a cualquier tipo de revestimiento bituminoso delgado con un espesor menor a una pulgada, ejemplo:

- Riegos antipolvo
- Riegos de imprimación
- Tratamientos superficiales simple
- Tratamientos superficiales múltiples.

Función principal

Servir como revestimiento de los caminos

Proteger la estructura subyacente de la acción dañina de las aguas de infiltración

Funciones complementarias

Restaurar pavimentos gastados, oxidados, deformados, fisurados, etc.

Obtener textura antideslizante.

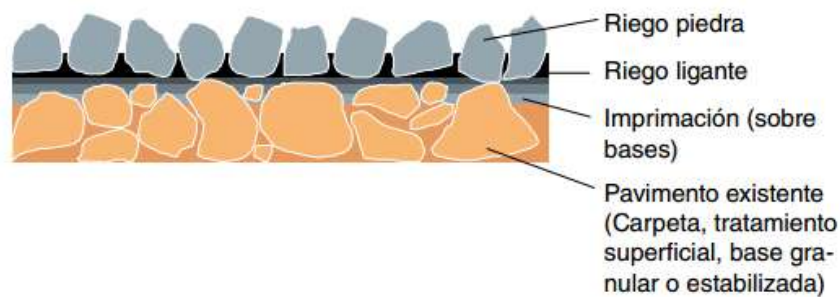
Tratamiento simple

El tratamiento simple consiste en un solo riego de ligante asfáltico, seguido por un riego de piedra sobre superficies ya pavimentadas o sobre bases imprimadas. También puede aplicarse sobre bases estabilizadas con un riego de curado (o antipolvo).

Cuando usar:

- En situaciones donde los esfuerzos tangenciales del tráfico no son elevados.
- Adecuado para volúmenes de tránsito desde bajos a medios.

Figura n° 65



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

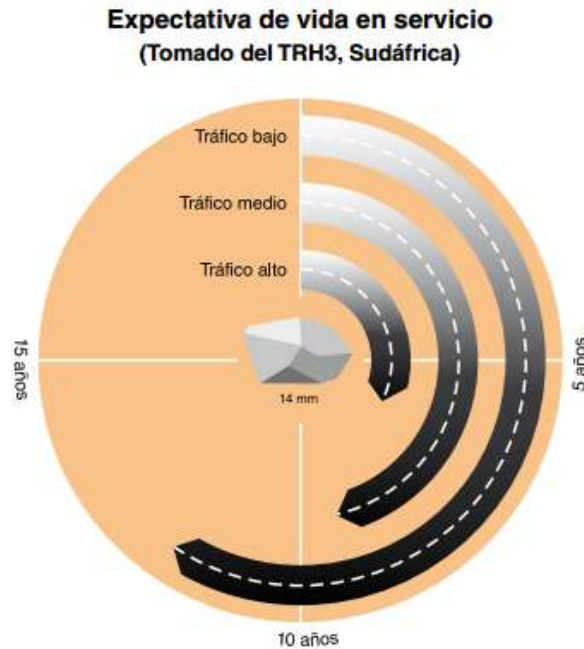
Ventajas:

Bajo costo, Otorga buena impermeabilización, provee buena macrotextura, fácil de construir, puede desempeñarse bien en la mayoría de las situaciones, elevada velocidad de ejecución.

Limitaciones:

Resistencia limitada en intersecciones, pendientes o curvas pronunciadas, el uso de áridos muy gruesos puede dar una superficie muy ruidosa, no pueden ser aplicados como tratamientos iniciales sobre bases granulares con tráficos altos.

Figura n° 66



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tratamiento doble

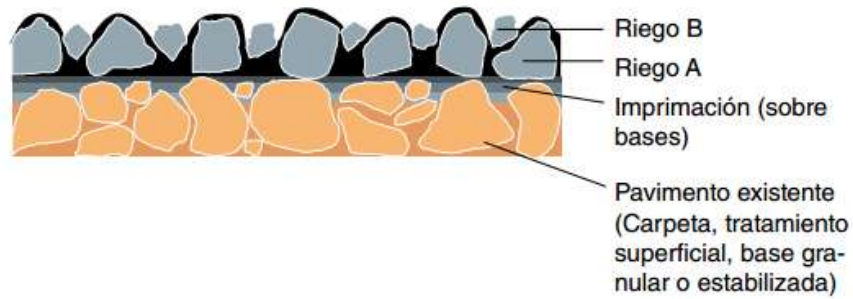
Este es un gravillado con dos aplicaciones de ligante asfáltico y dos aplicaciones de piedra de distinto tamaño. Habitualmente son llamados Riego A y Riego B y son aplicados uno sobre otro con poco tiempo de demora entre ellos.

- RIEGO A: Es la aplicación de riego asfáltico seguido inmediatamente por el esparcido de piedra de mayor tamaño.
- RIEGO B: Es una segunda aplicación de ligante, seguido de la piedra de menor tamaño.

Cuando usar:

- Adecuado para volúmenes de tránsito desde muy bajos a altos.
- En situaciones de esfuerzos de tráfico elevados.
- Cuando se debe mejorar la retención de la piedra y la impermeabilización de la calzada.
- Cuando se quiere lograr una macrotextura más “cerrada”.

Figura n° 67

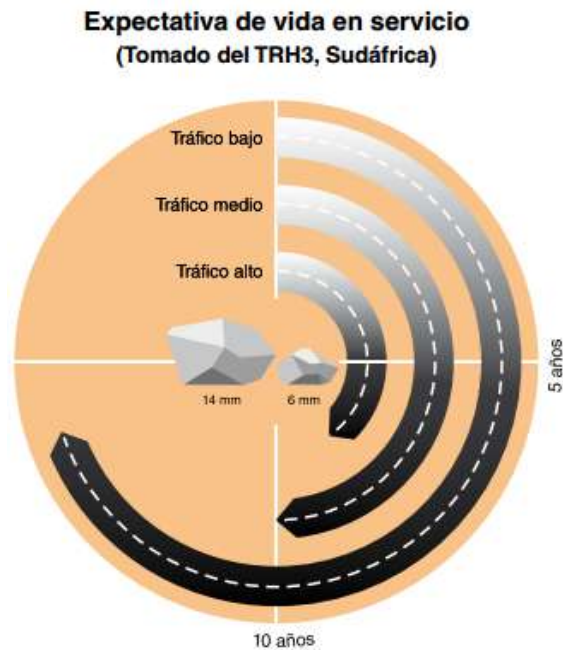


Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Ventajas: Capaz de soportar mayores esfuerzos del tráfico, conservan una vida más prolongada debido al intertrabado de piedras de las dos capas y a un mayor contenido de ligante asfáltico inicial.

Limitaciones: Son más costosos que los tratamientos simples, la apariencia y el desempeño depende de la técnica constructiva, la compatibilidad entre los tamaños de piedra y las tasas de aplicación son críticos, y afectan directamente el resultado final.

Figura n° 68



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Figura n° 69



Figura 2.12: Tratamiento doble sobre base granular imprimada en Ruta 57, año 2017.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Principios básicos de comportamiento

El material bituminoso debe ser aplicado en cantidad suficiente como para aglutinar y mantener firmes los fragmentos del agregado.

El agregado debe ser aplicado de tal modo que cubra íntegramente al material bituminoso uniformemente distribuido sin excesos ni defectos.

El grado de retención o aglutinación entre los dos materiales constituyentes debe ser capaz de impedir que el agregado sea arrancado por la acción de las ruedas.

Los elementos más importantes dentro de un tratamiento son los siguientes

- Agregado pétreo
- Ligante bituminoso

Agregado pétreo

Según el pliego de condiciones generales de la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Transporte, los áridos para los tratamientos bituminosos serán “rocas trituradas natural o artificialmente y cantos rodados triturados”.

Los áridos utilizados en la pavimentación en general provienen de rocas de buena calidad, que son extraídas del suelo y procesadas en trituradoras que van disgregando las grandes masas y clasificando en tamaños más pequeños, según el uso que se requiera. Las rocas son fragmentadas y reducidas de tamaño por medio de acciones mecánicas en diferentes etapas de trituración. Dependiendo si el proceso de reducción es de impacto, desgaste, corte o compresión, y de la naturaleza geológica del material, la forma y el tamaño de estos áridos cambia. Típicamente, las de mandíbula son usadas en la trituración primaria, luego las de cono para la secundaria y finalmente los martillos de impacto para la trituración terciaria.

A continuación, se comenta la función de la piedra en el gravillado y más adelante las características que debe cumplir para obtener los mejores resultados.

Figura n° 70



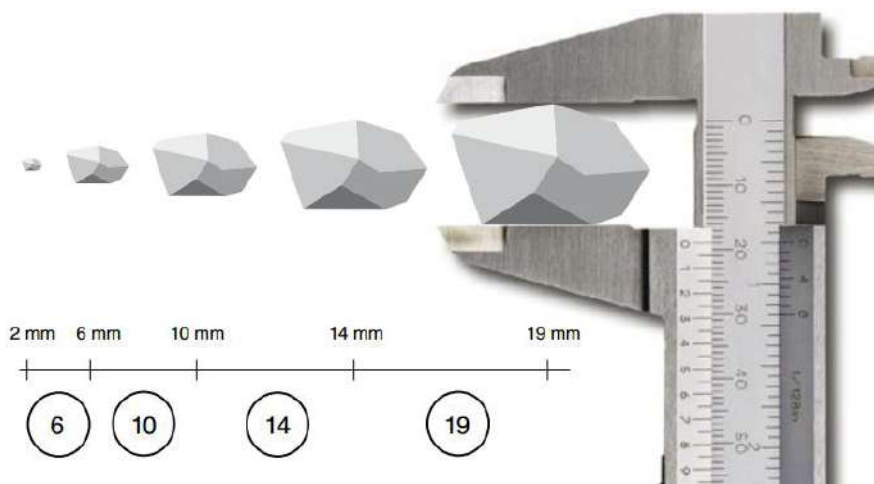
Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Los ensayos que se le realizan al árido pretenden evaluar las siguientes categorías: Tamaño y granulometría, Tamaño mínimo promedio (ALD), forma, dureza y desgaste, durabilidad, afinidad árido asfalto, resistencia al pulimento, limpieza, absorción de agua.

En cuanto a su tamaño y granulometría, los países líderes en la tecnología del gravillado coinciden que el éxito del tratamiento recae en la elección de piedra de tamaño homogéneo. Los áridos de un mismo tamaño generan superficies intertrabadas que distribuyen mejor los esfuerzos del tráfico.

Es de máxima importancia el uso de piedra comprendida entre dos tamices consecutivos al menos. Para alinearnos con los países expertos en gravillados, se recomienda la división que presenta la siguiente figura:

Figura n° 71



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tamaño mínimo promedio (ALD)

La mínima dimensión de un árido es aquella que se orienta verticalmente cuando la piedra es tendida en su posición más estable.

Figura n° 72

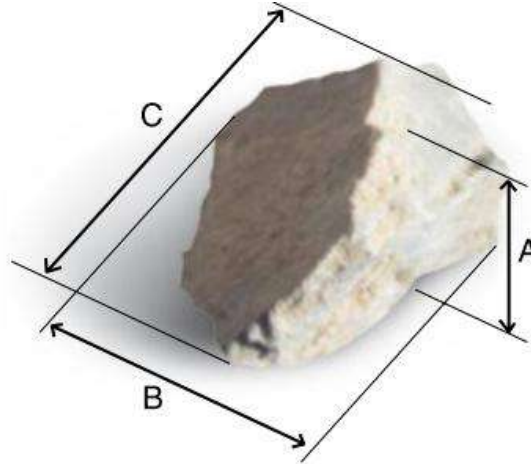


Figura 3.6: Dimensiones de una piedra y su ALD (A).

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

El ALD es uno de los parámetros de entrada del método que se presenta para el dimensionamiento y dosificación del tratamiento superficial, ya que determina tanto la dosificación de áridos como la del ligante.

En caso de que no se pueda medir directamente el ALD, la siguiente formula permite obtener un valor estimado, a partir del tamaño medio del árido y su índice de lajas:

Figura n° 73

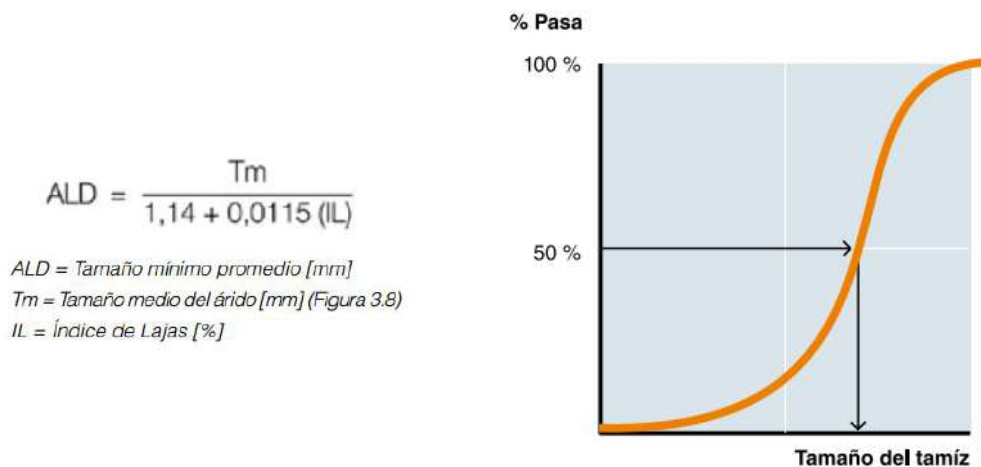


Figura 3.8: Abertura del tamiz teórico por el cual pasa el 50% del agregado.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

En cuanto a cómo afecta la forma de la piedra o agregado pétreo en el mosaico compactado definitivo del tratamiento superficial, podemos decir, que las piedras angulares generan mayores puntos de contacto y suponen un aumento de rozamiento interno, por consiguiente, se requiere esfuerzos elevados para desprender el árido del pavimento. Por lo contrario, las lajas y agujas se rompen fácilmente debido a las tensiones del tráfico o a las provocadas por la compactación, modificando con ello la granulometría del árido.

El índice de lajas es otro ensayo para determinar la forma de las partículas, el principio es el siguiente, se clasifica el árido como lajas, cuando tienen un espesor (menor dimensión) menor que 0.6 veces su tamaño nominal.

Figura n° 74

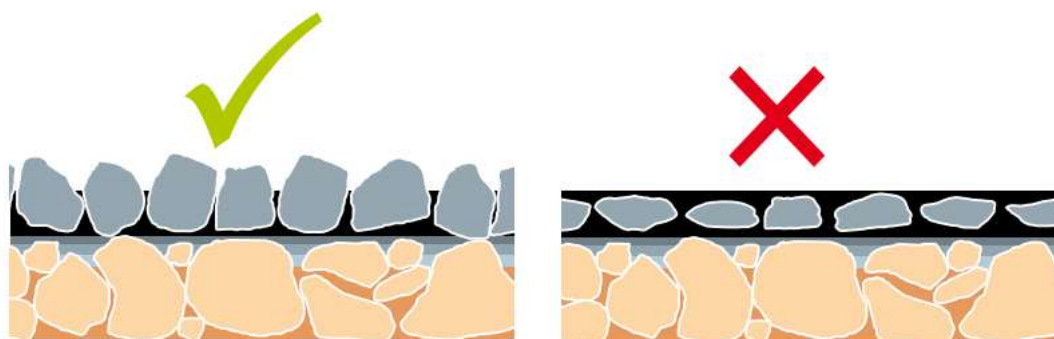


Figura 3.9: La piedra angular genera la cantidad de vacíos necesarios para lograr una buena macrotextura, mientras que la lajosa tiende a quedar sumergida en el asfalto.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Otro de los motivos por lo que es importante determinar el porcentaje de partículas planas, es su influencia en un potencial exudado. La siguiente tabla recomienda valores límites del índice de lajas, basados en la experiencia australiana y sudafricana.

Figura n° 75

Tráfico (v/c/d)	Índice de Lajas máximo (%)
< 500	35
500 - 1500	30
> 1500	25

Tabla 3.2: Valores máximos recomendados del Índice de Lajas en función del tráfico.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

En cuanto a la dureza y desgaste, los áridos deben tener la habilidad de resistir las fuerzas trituradoras de los equipos en obra y del tráfico para asegurar uniformidad en la granulometría.

El pliego limita el porcentaje de desgaste Los Ángeles al 30%, la dureza es una característica que depende de la petrografía del árido, por medio de este ensayo podemos medir la resistencia a la fragmentación. La siguiente tabla sugiere valores límites de desgaste para diferentes niveles de tráfico.

Figura n° 76

Tráfico (v/c/d)	Desgaste máximo Los Ángeles (%)	Desgaste máximo Micro Deval (%)
< 500	40	15
500 - 1500	35	13
> 1500	30	12

Tabla 3.3: Límites de desgaste en función del tráfico. Tomado de NCHRP Report 680 (2011).

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

La resistencia de los áridos dependerá no solo de su composición mineral y estructura cristalina, sino también de los efectos que el clima ejerce sobre estos. La resistencia de la piedra estará condicionada por características como el tamaño y la distribución de los poros, debido a las presiones generadas dentro de estos durante los procesos de cristalización, hidratación y deshidratación. La durabilidad de los áridos se puede evaluar mediante ensayos de alteración que simulen las condiciones naturales a la que será expuesta en servicio. El ensayo consiste en someter al árido a repetidas inmersiones en una solución saturada de sulfato de sodio (o magnesio), donde “no deberán acusar desintegración, ni experimentar una pérdida superior al 15% (en peso), después de cinco ciclos de ensayo”

Especificaciones de Áridos para Tratamientos.

Tabla n° 69

	19	14	10	6
Tamiz (mm)	% que pasa (en masa)			
26,5	100			
19,0	85 - 100	100		
13,2	0 - 30	85 - 100	100	
9,5	0 - 5	0 - 30	85 - 100	100
6,7		0 - 5	0 - 30	95 - 100
4,75			0 - 5	-
2,36				0 - 15

				Nueva propuesta		
Ensayo	Norma	Unid.	Pliego de Vialidad + ETCM	< 500 v/c/d	500 - 1500 v/c/d	> 1500 v/c/d
Índice de Lajas	Apéndice C	%	Usa Índice de chatura	≤ 35	≤30	≤ 25
Desgaste Los Ángeles	UY A-23	%	≤ 30	≤ 40	≤ 35	≤ 30
Desgaste Micro - Deval	IRAM 1762	%	No está contemplado	≤ 15	≤ 13	≤ 12
Caras de fractura (>2)	IRAM 1851	%	No está contemplado	≥ 85	≥ 90	≥ 90
AGD/ALD	NZS 4407	-	No está contemplado	≤ 2,25		
Limpieza (% pasa #200)	UY A-17	%	≤ 0,4	≤ 1	≤ 0,4	
Resistencia al pulimento	IRAM 1543	%	No está contemplado	≥ 40 (a estudiar)		
Durabilidad en sulfato de sodio	UY A-25	%	≤ 15	≤ 15		
Durabilidad en dimetil sulfóxido	UY A-26	%	≤ 60	≤ 60		
Afinidad árido asfalto	UY B-21	%	≥ 95	≥ 95		
Adherencia (placa Vialit)	NLT 313/87	%	≥ 90	≥ 90		

Tabla 3.5: Sugerencia de especificaciones para áridos de tratamientos superficiales.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Ligante bituminoso

El ligante debe cumplir una serie de requisitos para poder ser utilizado en los tratamientos superficiales. Por un lado, debe ser lo suficientemente líquido para poder ser bombeado y regado en la superficie a tratar durante la construcción y por otro debe lograr una viscosidad elevada en servicio para mantener adherido al árido y no fluir de la superficie. Asimismo, debe brindar una elevada impermeabilidad a la superficie sobre la que se riega y ser durable. En la siguiente figura se indica algunas funciones del ligante:

Figura n° 77



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

El asfalto es producto del proceso de destilación del petróleo crudo, que elimina las fracciones ligeras (destilados), dejando el betún como un residuo pesado. Su composición química es variable, aunque se distinguen dos fracciones principales; una primera fracción pesada, denominada asfáltenos, y la segunda más liviana denominada máltenos. Esta última a su vez se divide en parafinas, resinas y aceites aromáticos.

Es un material viscoelástico particularmente sensible a la temperatura. Sometido a altas temperaturas de servicio ($> 60^{\circ}\text{C}$) se comporta como un fluido viscoso, mientras que a bajas temperaturas ($< 5^{\circ}\text{C}$) actúa como un material elástico. Su comportamiento también depende de la frecuencia de carga a la que está sometido. Así, para aplicaciones de carga

instantáneas gobiernan las cualidades elásticas, mientras que es propenso a la deformación permanente bajo una carga prolongada (el ejemplo más visual de este efecto se observa en los ahuellamientos de las carpetas asfálticas de las paradas de ómnibus).

El asfalto convencional no posee un buen comportamiento mecánico ya que es quebradizo a bajas temperaturas y tiende a fluir a temperaturas por encima del ambiente; además de presentar una baja recuperación elástica. Todos estos factores limitan ampliamente su rango de utilidad, es por ello que tiene que ser aditivado o modificado con polímeros para mejorar sus propiedades.

Los polímeros pueden ayudar a reducir los efectos del envejecimiento al permitir que se usen grados de betún más blandos sin comprometer la resistencia a la formación de ahuellamientos. Asimismo, los polímeros mejoran la adherencia con los áridos, reduciendo el daño por humedad.

Emulsiones

Existen varias características que distinguen a las emulsiones de las otras formas de materiales bituminosos para pavimentación (cementos asfálticos y asfaltos diluidos). La mayor diferencia radica en la presencia de agua en un contenido de entre 30% y 50%, dependiendo del tipo de emulsión. Los cementos asfálticos y los diluidos, por el contrario, no toleran la presencia de agua o de humedad.

El agua es fundamental para muchas de sus propiedades y las principales ventajas que se destacan son la seguridad para el personal de trabajo y su virtud medioambiental. Las emulsiones asfálticas no contienen solventes contaminantes y permiten regar el asfalto a temperatura ambiente, sin requerir de calentamientos elevados. Los diluidos son líquidos a temperatura ambiente, pero poseen la desventaja de ser inflamables a causa de los solventes de petróleo presentes.

Otro factor muy relevante es la viscosidad que tiene una emulsión, que cambia la forma de trabajo. En el pasado cuando los asfaltos calientes y los diluidos eran las únicas opciones de ligantes para la pavimentación, los tratamientos superficiales debían ser trabajados de “abajo hacia arriba”, utilizando la compactación como forma de bombeo del asfalto entre los áridos. Por el contrario, las emulsiones pueden trabajar de “arriba hacia

abajo”, mojando y cubriendo el árido con asfalto en todas sus caras. Este cambio fundamental modifica las operaciones de ejecución y los resultados finales de los tratamientos.

Los emulsionantes que se utilizan para las emulsiones asfálticas tienen dos partes en su estructura química, una que es soluble en los compuestos oleosos, como el asfalto, mientras que la otra se disuelve en agua. Las principales propiedades de la emulsión están relacionadas al tiempo necesario para que ocurra la separación entre fases (rotura), al tenor de asfalto contenido y a su carga iónica.

Con respecto a la velocidad de rotura se pueden clasificar en:

- Rotura rápida
- Rotura media
- Rotura lenta
- Rotura superestable
- Rotura controlada

Por otro lado, según su carga de la partícula que blindo al emulsificante se clasifican en:

- Aniónica (-)
- Cationica (+)
- No iónica

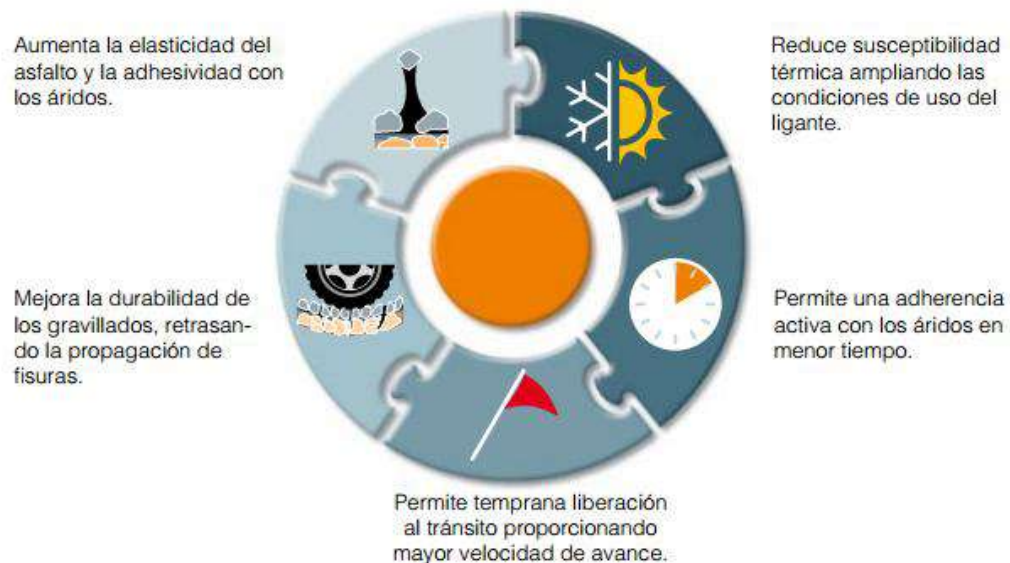
El gran inconveniente que tienen las emulsiones aniónicas es su extendido tiempo de curado, ya que su carga electrostática es igual a la de la mayoría de áridos. En el caso de las emulsiones catiónicas, que son las más comúnmente utilizadas a nivel mundial, el rompimiento se produce por la adsorción de la parte polar del emulgente por los agregados, provocando la rotura de la emulsión y haciendo que las partículas de asfalto se adhieran inmediatamente a las partículas del material pétreo, aún en presencia de humedad.

Modificación con polímeros

Para mejorar las propiedades del cemento asfáltico con relación a los efectos climáticos y a las solicitaciones crecientes (en volumen y peso) de los autos comerciales, se desarrolló nuevas tecnologías, añadiendo polímeros para aumentar durabilidad y el desempeño de los pavimentos.

Los polímeros más utilizados en las emulsiones asfálticas modificadas son los elastoméricos del tipo SBS (copolímero de estileno butadieno). Las emulsiones modificadas con polímeros presentan mejor adhesión y cohesión con áridos, menor susceptibilidad térmica, resistencia al envejecimiento y recuperación elástica del ligante.

Figura n° 78



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Ventajas de las emulsiones

- Seguridad a operarios, las emulsiones asfálticas son aplicadas a temperaturas ambientes y no contienen diluyentes, por tanto, no son inflamables.
- Versátiles y de fácil aplicación, no requiere de equipos especializados.
- Mejoran recubrimiento y adhesividad con áridos, logran mayor recubrimiento debido a su reducida viscosidad.

- Amigables con el medio ambiente, son a base de agua, su almacenamiento, transporte y aplicación consume menos energías y produce menos dióxido de carbono.
- Curado, bajo buenas condiciones ambientales permiten una temprana liberación al tráfico.

Emulsión de imprimación

La Bitafal Imprima 50 (I50), es una emulsión catiónica diseñada para la imprimación de bases granulares formando una capa impermeabilizante y de liga para la nueva capa asfáltica a ejecutar, posee gran fluidez a temperatura ambiente lo que permite cargar el camión regador en pocos minutos.

La Imprima 50 reemplaza a los clásicos diluidos asfálticos, con mayores ventajas técnicas y ambientales. Además de no contener solventes, su penetración es igual o mejor que los diluidos. La I50 penetra a mayor profundidad que el MC1 y además se realiza aproximadamente en 1/6 del tiempo.

Figura n° 79

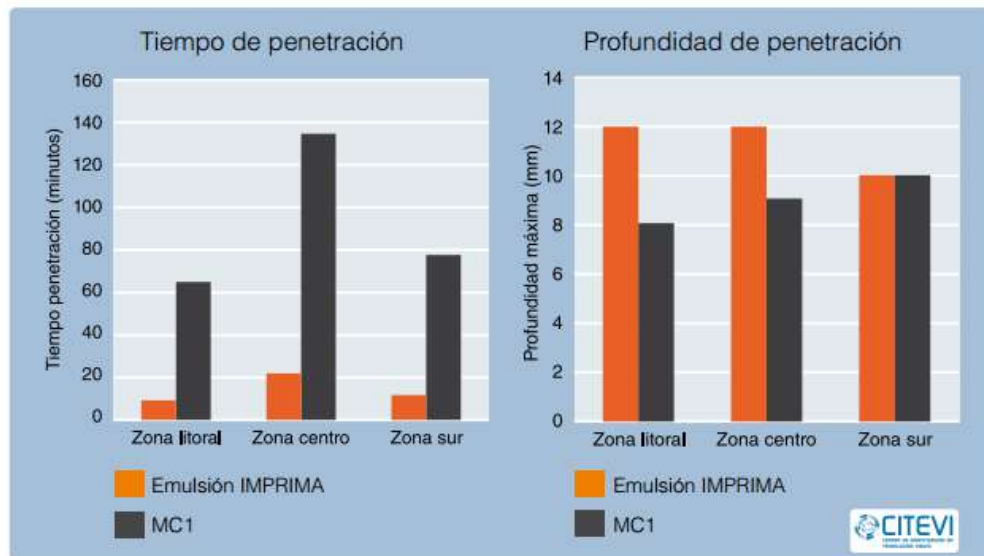


Figura 3.17: Tiempo y profundidad de penetración de IMPRIMA 50 respecto al MC1.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Según el tipo de base, la dosificación varía entre 0.8 y 1.2 L/m².

Emulsiones para Riegos asfálticos

Las emulsiones para riegos asfálticos poseen el contenido óptimo de ligante contemplando la viscosidad para su uso y manipulación. Fueron desarrolladas para riegos bituminosos y de adherencia con una rapidez al corte diseñada para lograr un equilibrio entre una adecuada adherencia y una temprana liberación al tráfico.

El agregado de polímeros elastoméricos le confieren propiedades elásticas al asfalto, ampliando el rango de temperaturas de servicio y dándole mayor adherencia a los áridos.

RIEGO 65

La emulsión Riego 65 (R65) cumple con lo especificado para una CRS-2.

Aplicación. - Para tratamientos superficiales simples, dobles o con sellado, en forma directa o invertida. Se utiliza en riegos de adherencia en general.

RIEGO 65 P12

La emulsión BITAFLEX Riego 65 P12 (R65 P12) mejora las propiedades elásticas y de cohesión en comparación con la emulsión común.

Aplicación. - Para tratamientos superficiales simples, dobles o con sellado, en forma directa o invertida. Se utiliza en riegos de adherencia para microaglomerados en caliente o recapados con asfaltos modificados.

RIEGO 65 P40

La emulsión BITAFLEX Riego 65 P40 (R65 P40) confiere al residuo asfáltico una elasticidad de al menos 40% en el ensayo RTE, cerca de cuatro veces lo que requiere la norma IRAM 6698. Esto se traduce en una cohesión muy elevada que mejora su desempeño.

Aplicación. - Para tratamientos superficiales de alto desempeño en climas calurosos. Es ideal para el sellado de capas de rodadura de carreteras fisuradas.

Figura n° 80



Figura 3.18: Desempeño de la línea de emulsiones Riego 65 para diferentes tráficos y temperaturas del pavimento.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Especificaciones de emulsiones para tratamientos en Uruguay

Tabla n° 70

USOS		Zona del país y clima					
		Sur		Centro		Norte	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Riego de adherencia Mezcla densa		Riego 65 B	Riego 65 M	Riego 65 M	Riego 65 D	Riego 65 D	Riego 65 D P25
Riego de adherencia Mezcla semidensa		Riego 65 B P25	Riego 65 M P25	Riego 65 M P25	Riego 65 D P25	Riego 65 D P25	Riego 65 D P40
Tratamiento simple / doble / sellado	(>100 veh/día)	Riego 65 B P40	Riego 65 M P40	Riego 65 M P40	Riego 65 D P40	Riego 65 D P40	Riego 65 D P40
	(Entre 50 y 100 veh/día)	Riego 65 B P25	Riego 65 M P25	Riego 65 M P25	Riego 65 D P25	Riego 65 D P25	Riego 65 D P25
	(<50 veh/día)	Riego 65 B	Riego 65 M	Riego 65 M	Riego 65 D	Riego 65 D	Riego 65 D P25

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tabla nº 71

Ensayo	Norma	Condiciones	Unid.	Pliego de Vialidad	IRAM 6698		
				Convencional	Modificadas		
				CRS-2	CRR 1m	CRR 2m	CRR m
Ensayos sobre la emulsión original							
Viscosidad Saybolt - Furol	ASTM D244	25°C	s	-	≥ 20	-	≤ 50
		50°C		20 - 100	-	≥ 40	-
Asentamiento		5 días	%	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Estabilidad al almacenamiento		24 horas	%	≤ 1	-	-	-
Tamiz (850 µm)		-	%	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Desemulsibilidad		DSS*	%	≥ 40	-	-	-
Carga de la partícula		-	-	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Mezcla con cemento		-	%	-	-	-	≤ 2
Residuo por destilación		-	%	≥ 65	≥ 63	≥ 67	≥ 60
Aceite destilado		-	%	≤ 3	≤ 3	≤ 3	-

Tabla 3.9: Especificaciones sobre la emulsión.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tabla nº 72

Ensayo	Norma	Condiciones	Unid.	Pliego de Vialidad	IRAM 6698		
				Convencional	Modificadas		
				CRS-2	CRR 1m	CRR 2m	CRR m
Ensayos sobre el residuo							
Penetración	ASTM D5	100g, 25°C	dmm	100 - 250	50 - 200	50 - 200	50 - 200
Punto de ablandamiento	ASTM D36	Depende de penetración	°C	-	≥ 40 ≥ 50	≥ 40 ≥ 50	≥ 40 ≥ 50
Recuperación elástica por torsión	IRAM 6830	25°C	%		≥ 12	≥ 12	≥ 12
Ductilidad	ASTM D113	25°C	cm	≥ 40			
		5°C	cm		≥ 10	≥ 10	≥ 10
Punto de rotura Fraas	IRAM 6831	-	°C	-	≤ -10	≤ -10	≤ -10
Solubilidad en 1,1,1 tricloroetano	ASTM D2042	-	%	≥ 97,5**	≥ 95	≥ 95	≥ 95
EMULSIONES BITAFAL							
Emulsiones BITAFAL que cumplen con lo especificado en el Pliego de Vialidad y la norma IRAM 6698 para tratamientos superficiales				RIEGO 65	RIEGO 65 P12 P25 P40 P60	RIEGO 65 P12 P25 P40 P60***	MICRO 62 P25 P40
* Dioctil sulfosuccinato de sodio							
** Es sobre tetracloruro de carbono pero está en desuso por toxicidad							
*** Pueden fabricarse con 67% de residuo a pedido							

Tabla 3.10: Especificaciones para el residuo y correlación de las emulsiones BITAFAL con las especificadas en Uruguay.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Métodos diseño de Tratamiento Superficial

En los tratamientos dobles, la piedra de mayor tamaño se aplica seguido de una con aproximadamente la mitad del tamaño que la primera. Las combinaciones usuales son:

Tabla n° 73

Volumen de tráfico (v/c/d)	Tamaño del árido (mm)	
	Riego A	Riego B
<200	10	6
201 - 2000	14	6
	19	6
> 2000	19	10

Tabla 4.6: Recomendación de tamaño de piedra para tratamientos dobles según el tráfico.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

La elección de los áridos de cada capa dependerá de los requerimientos de desempeño antes mencionados. Por ejemplo, áridos de 19 mm generan una estructura resistente al tráfico elevado, que luego deben ser combinados con piedra de 6 o 10 mm en segunda capa, dependiendo de la profundidad de textura requerida. La elección de tamaños dependerá también del lugar, ya que en zonas urbanas las combinaciones en 6 mm ayudan a reducir el nivel de ruido y soportar las zonas de esfuerzos elevados.

En este manual el grupo BITAFAL, presenta tres diferentes formas de dosificación para tratamientos simples y dobles, desde un planteamiento práctico a uno racional, dependiendo de la cantidad de elementos de entrada que se disponga y de la calidad final del proyecto que se espera.

A continuación, en la siguiente tabla se expone los tres métodos de dosificación recopilados en este manual, según el nivel de información que se dispone a la hora de escoger entre ellos.

Tabla nº 74

Nivel de información	Elementos de entrada		Elementos de salida	
1	Áridos	Tipo y tamaño	6.2.1	<i>Método experimental directo</i>
	Ligante	Tipo		
2	Áridos	Tipo y tamaño	6.2.2.1	<i>Dosificación ATEB (España)</i>
	Ligante	Tipo		
	Tránsito	Intensidad tráfico mediano y pesado	6.2.2.2	<i>Dosificación Road Note 39 (Reino Unido)</i>
	Superficie existente	Dureza/rugosidad		
3	Áridos	Tipo, ALD, índice de lajas	6.2.3	<i>Método racional (Dosificación Austroads)</i>
	Ligante	Tipo		
	Tránsito	Volumen, tránsito por carril, % vehículos pesados		
	Superficie existente	Dureza de la superficie, profundidad de textura		

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Dosificación ATEB

La dosificación propuesta por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas española es un método empírico, las siguientes tablas presentan rangos típicos de dosificación de áridos y ligantes para tratamientos simples, dobles e invertidos.

Tabla nº 75

Factor	Característica	TS	TD		INV
			Riego A	Riego B	
Cantidad de vehículos pesados (> 3,5 T) por carril/día	> 200	- 10	- 10		- 8
	50 - 199	- 5	- 5		- 4
	25 - 49	0	0		0
	1 - 24	+ 5	+ 5		+ 4
	0	+ 10	+ 10		+ 8
Rugosidad	Muy rugoso	+ 6	+ 6	0	+ 2
	Rugoso	+ 3	+ 3	0	+ 1
	Poco rugoso	0	0	0	0
	Liso	- 3	- 3	0	- 1
Ligante en superficie	Muy pobre	+ 12	+ 10	+ 2	+ 4
	Pobre	+ 6	+ 5	+ 1	+ 2
	Normal	0	0	0	0
	Rico	- 6	- 5	- 1	- 2
	Exudado	- 12	- 10	- 2	- 4

Tabla 6.2: Ajustes porcentuales sobre el ligante residual.

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tabla nº 76

■ Tratamiento doble e invertido

Tipo de tratamiento	Dotación de áridos (L/m ²)		Dotación de ligante residual (L/m ²)	
	Riego A	Riego B	Riego A	Riego B
TD 19/6	12 - 16	6 - 8	0,9	1,3
TD 14/6	9 - 12	5 - 7	0,8	1,1
TD 10/6	7 - 9	4 - 6	0,6	0,9
INV 19/6	11 - 14	6 - 9	0	1,7
INV 14/6	8 - 11	5 - 8	0	1,5
INV 10/6	6 - 9	4 - 7	0	1,2

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

El documento aclara que “respecto a la dotación de los áridos se tenderá al límite superior del intervalo, cuanto más cúbica sea la forma del árido y mayor su tamaño medio dentro del huso granulométrico, y al límite inferior en caso contrario.”

El empleo de ligantes modificados será obligatorio en los riegos con gravilla para categorías de tráfico pesado T3 o superior (> 50 pesados/carril/día). Para el ligante, “las dotaciones podrán corregirse de acuerdo con la experiencia obtenida en casos análogos”.

Figura n° 81

METODO ATEB				
Datos				
TPDS =	47	veh/día		
Veh. Pesados	8,26	%		
N° veh.pes	4			
TD 10/6	Dotacion de aridos (L/m ²)		Dotacion de ligante (L/m ²)	
	Riego A	Riego B	Riego A	Riego B
	7 - 9	4 - 6	0,6	0,9
Ajuste tabla n°45	5%		0,97	1,45
Dosificacion final	8	5	1	1,45

Fuente: Propia

Dosificación Road Note 39

La guía para diseñar gravillados en Reino Unido se llama Road Note 39 y es utilizada desde 1972, hoy actualizada en su séptima versión. El método se basa en el concepto de que, para mantener el nivel requerido de textura superficial, el tamaño del árido debe aumentar si la superficie es blanda o si se incrementa el tránsito. El desarrollo del método de diseño ha acompañado la introducción de nuevos tipos de tratamientos y cambios en los tipos de ligantes, estimulando el uso de asfaltos modificados y promoviendo el fin de los diluidos.

La cantidad de áridos debe ser la suficiente para cubrir la película de asfalto. Los áridos deben ser tendidos para que consigan un 100% de contacto hombro con hombro entre partículas. Una guía para estimar la dosificación de áridos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla nº 77

Tipo de tratamiento	Dotación de áridos (L/m²)
TS 6	5 - 8
TS 10	7 - 10
TS 14	8 - 11

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Las categorías de dureza deben hacerse con un ensayo específico (BS 598-112), pero como referencia “muy duro” se refiere a mezcla asfáltica u hormigón, “normal” a tratamientos superficiales, estabilizados o bases granulares de muy buena calidad y “blanda” a bases granulares en general.

El diseño de la tasa aplicación del ligante se divide en dos etapas: la de diseño básico, basado en información del sitio y la de ajustes locales.

Tabla nº 78

Dureza de la superficie (BS 598-112)									
Tráfico pesado (> 3,5 T) (v/c/d)	Muy dura			Normal			Blanda		
	Dotación ligante residual (L/m²)			Dotación ligante residual (L/m²)			Dotación ligante residual (L/m²)		
	Riego A		Riego B	Riego A		Riego B	Riego A		Riego B
> 2000	TD 10/6	0,7*	0,8*	TD 14/6	0,8*	0,7*	No se recomienda		
				TD 10/6	0,7*	0,7*			
501 - 2000	TD 10/6	0,7*	0,8*	TD 14/6	0,8*	0,8*	TD 14/6	0,6	0,7
				TD 10/6	0,7*	0,7*			
126 - 500	TD 10/6	0,7*	0,8*	TD 14/6	0,8*	0,8*	TD 14/6	0,6	0,8
				TD 10/6	0,7*	0,7*			
0 - 125	TD 10/6	0,8*	0,9*	TD 10/6	0,7	0,8	TD 10/6	0,5	0,7

* En estas condiciones es preferible trabajar con emulsiones modificadas

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Figura n° 82

METODO ROAD NOTE 39				
Datos				
TPDS =	47	veh/dia		
Veh. Pesados	8,26	%		
N° veh.pes	4			
Trafico Pesado >3,5 T	Dotacion de aridos (L/m2)		Dotacion de ligante (L/m2)	
0 - 125	Riego A	Riego B	Riego A	Riego B
Ajuste tabla n°45	7 - 10	5 - 8	0,7	0,8
Dosificacion emulsion			1,08	1,23
Dosificacion final	8	5	1	1,3

Fuente: Propia

Dosificación Austroads o Método Racional

La norma que propone Austroads, la asociación de departamentos de transporte, infraestructura y energía del estado australiano en conjunto con agencias de tránsito de Nueva Zelanda.

Con respecto al efecto de los vehículos pesados, la hipótesis que se toma en este procedimiento de diseño es que el porcentaje de pesados se mantiene por debajo del 15% (se considera pesados los que superan las 3.5 toneladas de peso bruto)

El procedimiento está basado en:

- Áridos de tamaño y forma homogénea. El índice de lajas se asume comprendido entre 15 y 25%. Las partículas cubicas requieren mayor cantidad de ligante que las lajosas.
- Se considera una mezcla de vehículos livianos y pesados, con una proporción de pesados en el orden del 5 al 15% del total. Si la cantidad de vehículos pesados es mayor se le asignara una corrección.

Para facilitar la lectura de los diagramas, se utiliza la siguiente tabla de abreviaciones:

Tabla n° 79

FVB	Factor de Vacíos Básico
CF	Corrección por forma de árido
CT	Corrección por tráfico
FVD	Factor de Vacíos de Diseño
T_b	Tasa de aplicación básica de asfalto
A_{ts}	Ajuste por textura superficial
A_p	Ajuste por penetración en el sustrato
A_s	Ajuste por absorción en el sustrato
A_a	Ajuste por absorción del árido
R	Residuo de la emulsión/100
E	Dosificación de Emulsión

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Dosificación de áridos

Riego A: la dosificación de áridos de los tratamientos dobles se realiza en base al ALD, para la primera capa de áridos se recomienda reducir en aproximadamente un 10% la dosificación, esto se hace para proporcionar un mosaico ligeramente más abierto para permitir que la segunda aplicación de áridos se enclave firmemente.

Tabla n° 80

Tráfico (v/c/d)	Dotación de árido A (L/m ²)
< 200	1,25 * ALD(mm)
> 200	1,20 * ALD(mm)

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Riego B: la dosificación tiene que ser tal que complete la textura dejada por el riego A.

Tabla nº 81

Tamaño de piedra (mm)	Dotación de árido B (L/m ²)
10	1 * ALD(mm)
6 (sin ALD)	4 - 5

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Dosificación de Emulsión

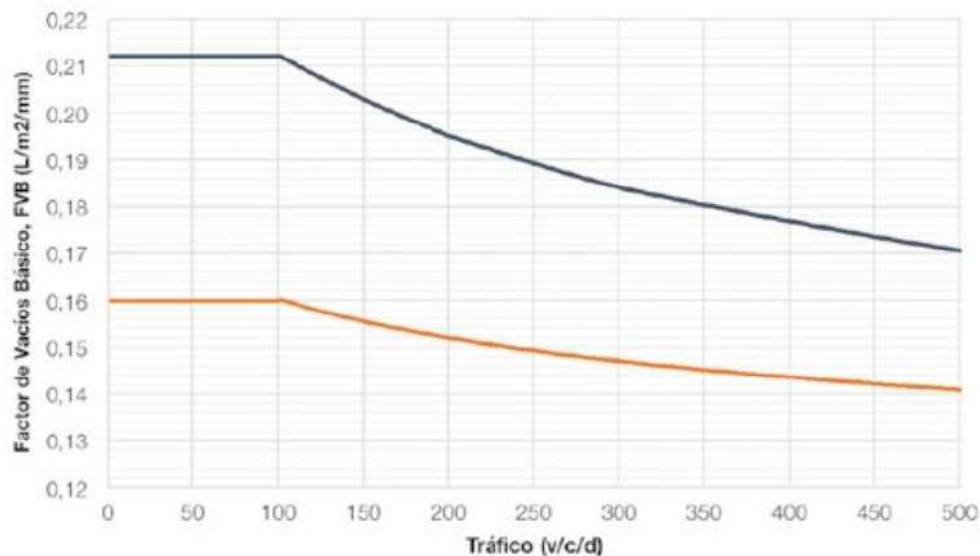
En el riego A, la relación de vacíos se ve afectada por el tamaño del árido utilizado en la segunda aplicación, que rellena parcialmente y por lo tanto los huecos de aire. La segunda aplicación es recomendable ejecutarla inmediatamente después, intentando evitar el tráfico entre riegos.

Dosificación tratamiento doble

Paso 1

El Factor de Vacíos Básico para ambas aplicaciones FVB1 y FVB2, se determina de la siguiente Figura dependiendo del volumen de tránsito.

Figura nº 83



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Paso 2

Para considerar la influencia de la forma de la piedra y los efectos del tráfico, se debe ajustar el FVB1 y FVB2 a partir de las mismas tablas que se usan en tratamientos simples.

Tabla nº 82

Forma	Índice de Lajas (%)	CF (L/m ² /mm)
Muy lajosa	> 35*	Árido no recomendado
Lajosa	26 - 35*	0 a - 0,01
Angular	15 - 25	0
Cúbica	< 15	+ 0,01
Canto rodado	-	0 a + 0,01

* Este límite puede ampliarse a 40% para tráficos menores a 500 v/c/d

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tabla nº 83

Tráfico	CT (L/m ² /mm)	
	Plano o en bajada	Carril lento o en subida
Zonas sin tráfico (banquinas, áreas de estacionamiento)	+ 0,02	N/A
0 - 15 VP(%)	0	- 0,01
16 - 25 VP(%)	- 0,01	- 0,02
26 - 45 VP(%)	- 0,02	- 0,03
46 - 65 VP(%)	- 0,03	- 0,04
> 65 VP(%)	Se utiliza tráfico de diseño alternativo	

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Paso 3

El factor de vacíos de diseño se calcula como:

$$FVD1 = FVB1 + CF1 + CT \quad \text{ec. 87}$$

$$FVD2 = FVB2 + CF2 + CT \quad \text{ec. 88}$$

$$L/M^2/mm$$

Paso 4

La tasa de aplicación de asfalto residual (en L/m²) se obtiene multiplicando el FVD por el ALD (en mm) de cada riego, con una apreciación de 0,01 L/m²

$$T_{b1} = FVD1 * ALD1 \quad \text{ec. 89}$$

$$T_{b2} = FVD2 * ALD2 \quad \text{ec. 90}$$

Paso 5

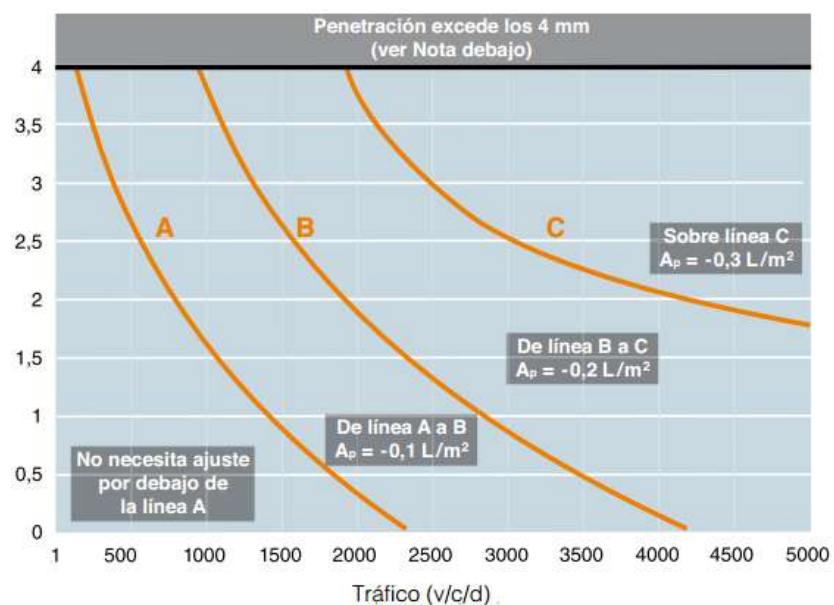
Los ajustes se realizan únicamente sobre el riego A utilizando las mismas tablas que el paso 5 para tratamientos simples (el único ajuste que se puede considerar para el riego B es la absorción de ligante por el árido, que generalmente es despreciable para áridos normales).

Tabla n° 84

Profundidad de textura (mm)	A _{ts} (L/m ²)
0 - 0,1	0
0,2 - 0,4	+ 0,1
0,5 - 0,8	+ 0,2
0,9 - 1,4	+ 0,3
> 1,4	+ 0,4

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Figura n° 84



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Tabla n° 85

Tipo de superficie	A_p (L/m^2)
Base imprimada < 72 hs	- 0,1
Base estabilizada con riego de curado	- 0,1 a - 0,2
Base granular (sin imprimación)	+0,1 a +0,2
Base estabilizada con cemento	0 a +0,1
Base estabilizada con asfalto	- 0,1 a +0,1
Mezcla asfáltica y micro con fisuras < 5 mm	+0,1 a +0,2
Exudada	- 0,1 a - 0,2

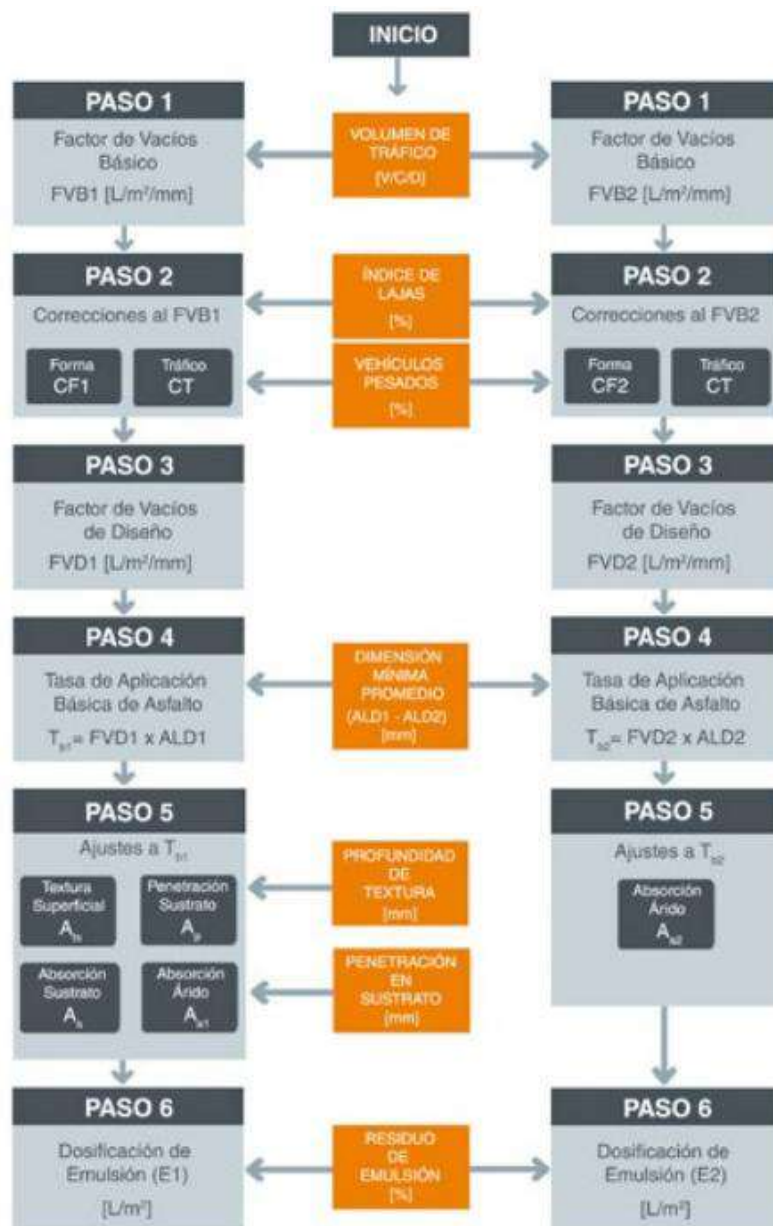
Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Paso 6

Hasta ahora, los valores están en términos de residuo asfáltico y no incluye el contenido de agua de la emulsión. La dosificación de emulsión se calcula entonces como:

$$E = \frac{T_b + A_{ts} + A_p + A_s + A_a}{R} \quad \text{ec. 91}$$

Figura n° 85



Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

Figura n° 86

METODO AUSTROADS

Datos		
TPDS =	47	veh/dia
Veh. Pesados	8,26	%
N° veh.pes	4	

Atributo	Simbolo	Unidad	Riego A	Riego B
Trafico	-	TPDA	47	47
Trafico de diseño	-	v/c/d	24	24
Factor de Vacios Basico	FVB	L/m2/mm	0,16	0,21
Ajustes				
Forma del arido	CF	L/m2/mm	0	-0,01
Efecto de trafico	CT	L/m2/mm	0	0
Factor de vacios de diseño	FVD	L/m2/mm	0,16	0,2
ALD	ALD	mm	5	3,4
Tasa de aplicación basica de asfalto	Tb	L/m2	0,8	0,68

Ajustes				
Textura superficial	Ats	L/m2	0,2	0
Penetracion en el sustrato	Ap	L/m2	-0,1	
Absorcion en el sustrato	As	L/m2	-0,1	
Absorcion del arido	Aa	L/m2	0	0
Residuo de emulsion /100	R	%	0,65	0,65
Dosificacion de emulsion	E	L/m2	1,23	1,05
Dosificacion de arido	-	L/m2	6,25	5

Fuente: Tratamientos superficiales, Grupo BITAFAL

2.9 SEÑALIZACION

La señalización es otro parámetro dentro de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es coadyuvar en el mejoramiento de la circulación vehicular y garantizar que esta tenga mejores condiciones de seguridad.

Los dispositivos para regular el tráfico son los medios físicos que se emplean para indicar detalladamente a los usuarios de las vías públicas la forma correcta y segura de transitar por ellas a fin de evitar accidentes y demoras innecesarias. Entre las funciones de estos dispositivos se encuentran prevenir a conductores y peatones sobre peligros existentes y guiarlos en su recorrido por las vías; divulgar oportunamente disposiciones de las leyes y reglamentos de tráfico, así como dar a conocer restricciones específicas que se impongan a la circulación en una vía o en parte de la misma; y asignar alternativamente el derecho de paso a distintas corrientes vehiculares.

Los dispositivos que se usan para regular la circulación son las llamadas señales de tránsito, las marcas en las vías y sus inmediaciones, los semáforos y otros más.

2.9.1 TIPOS DE SEÑALES

Para un mejor estudio de la señalización, las normas han dividido la señalización en 2 sub grupos que son:

- Señales Horizontales
- Señales Verticales

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Las señales horizontales son aquellas cuyo propósito es coadyuvar a que la circulación peatonal y vehicular este mejor regulada y conjuntamente con las señales verticales apoyar a los usuarios conductores y peatones a tener una circulación con seguridad y confort. Se ha establecido diversos tipos, de señales de los cuales anotaremos los más importantes:

Líneas separadoras de carril. -

Línea segmentada de color blanco cuyo espesor es de 10 cm. a 15 cm. y longitud de 3 a 5 m. pero normalmente hay una relación entre la separación sobre la señal es igual a 0.60.

A mayor velocidad mayor separación en la señal.

La señal blanca permite la circulación sobre la señal o cruzar sobre la señal.

Líneas separadoras de calzada.-

La señal amarilla cuyo espesor es de 10 cm. a 15 cm. y son líneas continuas, es restrictivo no permite cruzar de un carril a otro.

Líneas separadoras de sentido.-

Líneas separadoras de sentido y cuyo espesor es de 10 cm. a 15 cm. La señal es de color blanco continua.

Cruce peatonal.-

Más conocidos como líneas de cebras, estas son de color blanco y el ancho es de 0.30 a 0.50 m.

Línea de parada.-

Se ubica en la confluencia de las tangentes de los ochaves son de color blanco y su espesor es de 0.30 a 0.40 m.

Flechas direcciones.-

Se ubica en la confluencia de las tangentes de los ochaves son de color blanco y su espesor es de 0.30 a 0.40 m. Indica la dirección de flujo que cualquier vehículo puede adoptar o las direcciones de flujo permitido

Áreas de estacionamiento. -

Son señales colocadas en lugares donde es permitido el estacionamiento, son líneas de color amarillo, parecidas a las líneas de cebra.

Isletas deflectoras.-

Todas las señales anteriormente mencionadas deben cumplir las siguientes especificaciones técnicas:

Se debe cumplir con las siguientes especificaciones:

La pintura debe ser reflectora vial.

La pintura debe tener micro esferas de vidrio.

La pintura debe ser premix o postmix.

PREMIX.- Son micro esferas, su dosificación es a razón de 390 gr / l.

POSTMIX.- Después que se coloca la señal se hace el rociado de micro esferas, su dosificación es de 360 gr / l.

La pintura tiene la siguiente duración:

En frío 8 - 12 meses

En caliente 3 a 5 años

SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Señalizaciones restrictivas identificadas con el código SR, tienen como función expresar en la carretera o calle alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Infringir las indicaciones de una señal restrictiva acarreará las sanciones previstas por las autoridades de tránsito.

Las señales restrictivas de acuerdo a su uso se clasifican en los siguientes grupos:

De derecho de paso o de vía.

De inspección.

De velocidad máxima o mínima.

De movimientos o circulación.

De mandato por restricciones y prohibiciones.

De estacionamiento.

El tablero de las señales restrictivas será de forma cuadrada con las esquinas redondeadas, excepto las señales de "ALTO", que tendrá forma octagonal, y "CEDA EL PASO", que tendrá forma de un triángulo equilátero con uno de sus vértices hacia abajo. Las señales que requieran una explicación complementaria, además del símbolo llevarán un tablero adicional de forma rectangular con las esquinas redondeadas, colocado en su parte inferior formando un conjunto.

El color del fondo de las señales restrictivas será blanco en acabado reflejante o mate. El anillo y la franja diagonal en rojo, y el símbolo, letras y filete en negro, excepto las señales de "ALTO" y "CEDA EL PASO". La señal de "ALTO" llevará fondo rojo con letras y filete en blanco. La señal de "CEDA EL PASO" llevará fondo blanco, con letras en negro y franja perimetral en rojo.

Las dimensiones de la señal octogonal son de 0,75m. x 0,75m.

Las dimensiones de la señal triángulo equilátero es de 0,60m. x 0,60 m.

Figura n° 87



Fuente: Manual ABC

Significado de las señales restrictivas:

SR-6 Alto

SR-7 Ceda el paso.

SR-8 Inspección.

SR-9 Velocidad máxima permitida.

SR-10 Vuelta continúa hacia la derecha.

SR-11 Circulación.

SR-11A Circulación.

SR-12 Sólo vuelta hacia la izquierda.

SR-13 Conserve su derecha

SR-14 Doble circulación

SR-15 Altura libre máxima

SR-16 Anchura máxima

SR-17 Peso restringido

SR-18 Prohibido rebasar

SR-19 Parada prohibida

SR-20 No parar

SR-21 Estacionamiento permitido en un corto periodo

SR-22 Prohibido estacionarse

SR-23 Prohibida la vuelta a la derecha

SR-24 Prohibida la vuelta a la izquierda

SR-25 Prohibido el retorno

SR-26 Prohibido seguir de frente

SR-27 Prohibido el paso a bicicletas, vehículos pesados y motocicletas

SR-28 Prohibido el paso de vehículos de tracción animal

SR-39 Prohibido el paso de maquinaria pesada

SR-30 Prohibido el paso de bicicletas

SR-31 Prohibido el paso de peatones

SR-32 Prohibido el paso de vehículos pesados

Prohibido el uso de señales acústicas

Señalizaciones preventivas. - identificadas con el código SP, tienen como función dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia, sobre o a un lado de la carretera o calle, de un peligro potencial y su naturaleza. Así se cumple con la Regla de Oro del Tránsito que dice: "que no deben existir cambios bruscos". La señal por sí misma debe provocar que el conductor adopte medidas de precaución, y llamar su atención hacia una reducción de su velocidad o a efectuar una maniobra con el interés de su propia seguridad o la de otro vehículo o peatón.

Las señales preventivas deberán instalarse siempre que una investigación o estudio de tránsito indique que existe una condición de peligro potencial. Las características que pueden justificar el uso de señales preventivas son las siguientes:

Cambios en el alineamiento horizontal y vertical por la presencia de curvas.

Presencia de intersecciones con carreteras o calles, y pasos a nivel con vías de ferrocarril.

Reducción o aumento del número de carriles y cambios de anchura del pavimento.

Pendientes peligrosas.

Proximidad de un cruce donde existe un semáforo o donde se debe hacer un alto.

Pasos peatonales y cruces escolares.

Condiciones deficientes en la superficie de la carretera o calle, como presencia de huecos y protuberancias.

Presencia de derrumbes, grava suelta, etc.

Aviso anticipado de dispositivos de control por obras de construcción.

Los colores de las señales preventivas serán en acabado reflejante o mate, así: *amarillo* para el fondo, y *negro* para el símbolo, leyendas, caracteres y filete.

Figura n° 88



Fuente: Manual ABC

Significado de las señales preventivas:

fSP-6 Curva

SP-7 Codo

SP-8 Curva inversa

SP-9 Codo inverso

SP-10 Camino sinuoso

SP-11 Cruce de caminos

SP-12 Entronque en T

SP-13 Entronque en delta

SP-14 Entronque lateral oblicuo

SP-15 Entronque en Y

SP-16 Glorieta

SP-17 Incorporación de tránsito

SP-18 Doble circulación

SP-19 Salida

SP-20 Estrechamiento simétrico

SP-21 Estrechamiento asimétrico

SP-22 Puente móvil

SP-23 Puente angosto

SP-24 Anchura libre

SP-25 Altura libre

SP-26 Vado

SP-27 Termina pavimento

SP-28 Superficie derrapante

SP-29 Pendiente peligrosa

SP-30 Zona de derrumbes

SP-31 SP-6Alto próximo

SP-32 Peatones

SP-33 Escolares

SP-34 Ganado

SP-35 Cruce de ferrocarril

SP-35 Maquinaria agrícola

SP-36 Semáforo

SP-37 Camino dividido

SP-38 Ciclistas

SP-39 Grava suelta

Señales informativas.- identificadas con el código SI, tienen como función guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar.

Las señales informativas, de acuerdo a la información que den, se clasifican en:

De identificación (SR).

De destino (SID).

De recomendación (SIR) e información general (SIG).

De servicios y turísticas, de servicios (SIS) y turísticas (SIT).

Señales informativas de identificación.- Identificadas con el código SR, tienen como función identificar las calles según su nombre y nomenclatura, y las carreteras según su número de ruta y/o kilometraje.

La forma de las señales de nomenclatura será rectangular con su mayor dimensión horizontal y con la leyenda en ambas caras. Las señales de ruta tendrán forma de escudo, federal, estatal o camino rural, colocado sobre un tablero rectangular, que incluye una flecha que indica la trayectoria que sigue la ruta, o dentro de las señales informativas de destino. El tablero de las señales de kilometraje será rectangular colocado con su mayor dimensión vertical.

El color del fondo de las señales de identificación será blanco reflejante, y las letras, números, flechas y filete en negro.

Señales informativas de destino. - Identificadas con el código SID, tienen como función informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Podrán ser señales bajas, diagramáticas y elevadas. Su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado. Se emplearán en forma secuencial de tal manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar preciso, y confirmar la correcta selección del destino.

Su forma será rectangular, colocadas con su mayor dimensión horizontal, sobre apoyos adecuados.

El color de fondo de las señales de destino será verde mate y las letras, números, flechas, escudos y filete en color blanco reflejante, excepto la señal diagramática en zona urbana, que será de fondo blanco con caracteres, flecha alargada y filete en color negro.

De acuerdo a su ubicación longitudinal, las señales informativas de destino se clasifican en previas, decisivas y confirmativas. Las señales previas deberán colocarse anticipadas a la intersección, a una distancia tal que permita a los conductores conocer los destinos y preparar las maniobras para tomar el elegido. Las señales decisivas se colocarán donde el usuario pueda optar por la ruta que le convenga. Las señales confirmativas se colocarán después de una intersección o a la salida de una población, a una distancia donde no exista el efecto de los movimientos direccionales ni la influencia del tránsito urbano.

Señales de información general.- Identificadas con el código SIG, tienen como función proporcionar a los usuarios, información general de carácter poblacional y geográfico, así como indicar nombres de obras importantes en la carretera, límites políticos, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección y sentidos de circulación del tránsito.

Su forma será rectangular con su mayor dimensión horizontal colocada sobre apoyos adecuados.

El color del fondo de las señales de información general será blanco mate con letras y filete en negro. Las que indican sentido de circulación del tránsito tendrán fondo negro y flecha de color blanco reflejante.

Señales informativas de servicios y turísticas

Identificadas con los códigos SIS y SIT, tienen como función informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar d interés turístico y/o recreativo.

La forma del tablero será un cuadrado. Podrá llevar un tablero adicional rectangular donde se indica la dirección o la distancia del sitio.

El color del fondo tanto del tablero de las señales como del tablero adicional será azul mate con símbolos, letras, flechas y filete en blanco reflejante.

Se colocarán en el lugar donde existe el servicio y a un kilómetro del mismo. Cuando se estime conveniente, estas señales podrán colocarse a la salida de las poblaciones para indicar la distancia a la que se encuentra el o los servicios más próximos que se indican en la señal.

Figura n° 89



Fuente: Manual ABC

2.9.2 SEÑALIZACION

Señalización Horizontal del Proyecto

Tabla n° 86

TIPO DE LÍNEA	Unidad	LONGITUD (m)
LÍNEA AMARILLA DOBLE CONTINUA	m	7160
LÍNEA BLANCA CONTINUA	m	9720
LÍNEA BLANCA (PASO DE ZEBRA)	m	600
LÍNEA DE PARADO	m	66,67
FLECHAS	m	133,33
TOTAL =	m	17680

Fuente: Elaboración Propia

SEÑALIZACIÓN VERTICAL

A continuación, tenemos el resumen de señalización vertical para este proyecto

Señalización Vertical del Proyecto

Tabla n° 87

TRAMO	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA	SEÑALIZACIÓN RESTRICTIVA	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA
TRAMO PRINC.	25	0	2
TOTAL		25	

Fuente: Elaboración Propia

2.9.3 PRESUPUESTO

El cálculo de costos de construcción de las obras de ingeniería nos permite establecer en forma a priori el presupuesto o precio total de una determinada obra, siendo de capital importancia para el proyecto tener conocimiento previo de la construcción antes de embarcarse la ejecución de la misma.

La estimación del costo de una construcción debe ser necesariamente el resultado de un proceso de cálculo de CANTIDADES (volumen de obra) y VALORES (precios unitarios).

Todo equipo de construcción utilizado para la ejecución de obras debe responder a un régimen de producción tal que permita estimar con relativa seguridad el tiempo de duración o ejecución de la misma, así como establecer los costos que erogan el derecho de propiedad como el de su conservación.

El análisis de precios Unitarios es el sistema analítico por el cual el calculista en base a los pliegos de condiciones, especificaciones y los planos arquitectónicos, estructurales, constructivos, de instalaciones, etc. calcula los precios unitarios de cada uno de los ítems que forman parte de la obra, como así mismo los correspondientes volúmenes de la obra, estableciendo en definitiva cantidades matemáticas parciales las que se englobaran en un total.

Para realizar el análisis de la maquinaria a utilizar en el proyecto, se realizó un análisis de los ítems donde se utilizará el equipo caracterizándolo y disponiéndolo como medio de trabajo en el proyecto. El análisis que se realiza de la maquinaria es para determinar los rendimientos reales de los equipos y sus costos horarios.

Item n° 1

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Instalacion de Faenas				
Unidad	Glb	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Ladrillo de 6 huecos(12x24x18)	Pza	453,10	1,72	779,33
2	Calamina Galvanizada N°33(3,0 x 0,8 m)	Pza	5,00	55,00	275,00
3	Madera(2"x3")	pie2	46,50	9,00	418,50
4	Clavos	kg	0,20	16,00	3,20
5	Alambre	kg	0,20	16,00	3,20
			TOTAL MATERIALES		1.479,23
B.-	MANO DE OBRA				
1	Albañil	hr	40	20,5	820,00
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		820,00
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	451
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	189,89
			TOTAL MANO DE OBRA		1.460,89
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1					
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	73,04
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					73,04
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(11,55% de A+B+C)				12%	348,02
	TOTAL GASTOS GENERALES				348,02
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	336,12
		TOTAL UTILIDAD			336,12
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	144,19
		TOTAL IMPUESTOS			144,19
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					3.841,50

Fuente: Propia

Item n° 2

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Limpieza y Desbroce				
Unidad	Ha	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
		TOTAL MATERIALES			0,00
B.-	MANO DE OBRA				
1	Opeador de Tractor	hr	8,00	20,0	160,00
2	Peon	hr	8,00	13,5	108,00
3	Chofer	hr	5,00	16,25	81,25
		SUB TOTAL MANO DE OBRA			349,25
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	192,0875
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	80,88
		TOTAL MANO DE OBRA			622,21
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Tractor D6H	hr	8,00	490	3.920,00
2	Camion de Estacas	hr	5,00	65,30	326,50
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	31,11
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					4.277,61
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	565,93
	TOTAL GASTOS GENERALES				565,93
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	546,58
			TOTAL UTILIDAD		546,58
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	234,48
		TOTAL IMPUESTOS			234,48
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					6.246,81

Fuente: Propia

Item n° 3

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Replanteo general de la obra				
Unidad	ml	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
	Estacas (1"x1")	pza	0,03	2,00	0,060
			TOTAL MATERIALES		0,060
B.-	MANO DE OBRA				
1	Topografo	hr	0,016	26,0	0,416
2	Alarife	hr	0,048	14,0	0,672
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		1,088
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,598
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,25
			TOTAL MANO DE OBRA		1,938
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Estacion total	hr	0,01	37,6	0,263
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,097
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					0,360
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	0,27
	TOTAL GASTOS GENERALES				0,27
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	0,26
	TOTAL UTILIDAD				0,26
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,11
	TOTAL IMPUESTOS				0,11
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					3,01

Fuente: Propia

Item n° 4

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Excavacion con maquinaria				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
		TOTAL MATERIALES		0,000	
B.-	MANO DE OBRA				
1	Operador Trator D6H	hr	0,0064	20,0	0,128
2	Ayudante operador	hr	0,0064	13,5	0,086
3	Peon	hr	0,0064	13,5	0,086
4	Capataz	hr	0,0064	24,0	0,154
5	Operador Cargador CAT 950G	hr	0,0064	23,0	0,147
6	Operador Motoniveladora	hr	0,0032	23,0	0,074
7	Chofer	hr	0,0192	16,25	0,312
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		0,987
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,543
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,229
			TOTAL MANO DE OBRA		1,759
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Tractor CAT D6H	hr	0,0064	490,0	3,136
2	Cargador Frontal CAT 950G	hr	0,0064	380,00	2,432
3	Volqueta	hr	0,0192	160,00	3,072
4	Motonivelador CAT 120H	hr	0,0032	320,0	1,024
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,088
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA				9,752	
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1,33
	TOTAL GASTOS GENERALES				1,33
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1,28
	TOTAL UTILIDAD		1,28		
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,55
	TOTAL IMPUESTOS		0,55		
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					14,68

Fuente: Propia

Item n° 5

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Conformacion Terraplen				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
			TOTAL MATERIALES		0,000
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0081	24	0,194
2	Operador Compactador CAT CS 433	hr	0,0081	20	0,162
3	Operado Compactador CAT PS 150C	hr	0,0081	20	0,162
4	Operador Motoniveladora CAT 120 H	hr	0,0081	23	0,186
5	Chofer carro Cisterna	hr	0,0081	16,25	0,132
6	Operador tractor	hr	0,0081	16,25	0,132
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		0,968
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,532
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,224
			TOTAL MANO DE OBRA		1,724
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Compactador CAT CS 533	hr	0,0081	320,00	2,592
2	Compactador CAT PS 200	hr	0,0081	260,00	2,106
3	Motoniveladora CAT 120H	hr	0,0081	320,00	2,592
4	Cisterna	hr	0,0081	150,00	1,215
5	Tractor	hr	0,0081	155,99	1,264
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,086
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					9,855
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1,34
	TOTAL GASTOS GENERALES				1,34
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1,29
			TOTAL UTILIDAD		1,29
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,55
		TOTAL IMPUESTOS			0,55
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					14,76

Fuente: Propia

Item n° 6

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Sobre acarreo				
Unidad	m3/km	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
		TOTAL MATERIALES			0,000
B.-	MANO DE OBRA				
1	Chofer	hr	0,079	16,25	1,284
2	Peon	hr	0,16	13,5	2,160
		SUB TOTAL MANO DE OBRA			3,444
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	1,894
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,797
			TOTAL MANO DE OBRA		6,135
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Volqueta	hr	0,0790	160	12,640
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,307
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					12,947
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	2,20
	TOTAL GASTOS GENERALES				2,20
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	2,13
	TOTAL UTILIDAD				2,13
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,91
	TOTAL IMPUESTOS				0,91
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					24,33

Fuente: Propia

Item n° 7

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Provision y Conformacion Sub base				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Sub base	m3	1,35	62,84	84,834
			TOTAL MATERIALES		84,834
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0148	24,00	0,355
2	Operador CAT CS 563	hr	0,0148	20,00	0,296
3	Operador CAT PS 200	hr	0,0148	20,00	0,296
4	Operador Motoniveladora CAT 120H	hr	0,0148	23,00	0,340
5	Chofer Cisterna	hr	0,0148	16,25	0,241
6	Operador Tractor	hr	0,0148	16,25	0,241
7	Peon	hr	0,0592	13,50	0,799
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		2,568
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	1,412
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,595
			TOTAL MANO DE OBRA		4,575
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Compactador CAT CS 563	hr	0,0148	320,00	4,736
2	Compactador CAT PS 200	hr	0,0148	260,00	3,848
3	Motoniveladora CAT 120H	hr	0,0148	320,00	4,736
4	Tractor Massey Ferguson	hr	0,0148	155,99	2,309
5	Camion Cisterna 10.000,0 lts	hr	0,0148	150,00	2,220
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,229
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					18,077
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	12,41
	TOTAL GASTOS GENERALES				12,41
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	11,99
		TOTAL UTILIDAD			11,99
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	5,14
		TOTAL IMPUESTOS			5,14
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					137,03

Fuente: Propia

Item n° 8

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD	Provision y Conformacion Capa base				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Capa base Triturada	m3	1,35	77,71	104,909
		TOTAL MATERIALES			104,909
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0255	24,00	0,612
2	Operador CAT CS 563	hr	0,0255	20,00	0,510
3	Operador CAT PS 200	hr	0,0255	20,00	0,510
4	Operador Motoniveladora CAT 120H	hr	0,0255	23,00	0,587
5	Chofer Cisterna	hr	0,0255	16,25	0,414
6	Operador Tractor	hr	0,0255	16,25	0,414
7	Peon	hr	0,1019	13,50	1,376
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		4,423
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	2,433
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	1,024
			TOTAL MANO DE OBRA		7,880
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Compactador CAT CS 563	hr	0,0255	320,00	8,160
2	Compactador CAT PS 200	hr	0,0255	260,00	6,630
3	Motoniveladora CAT 120H	hr	0,0255	320,00	8,160
4	Tractor Massey Ferguson	hr	0,0255	155,99	3,978
5	Camion Cisterna 10.000,0 lts	hr	0,0255	150,00	3,825
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,394
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					31,147
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	16,62
	TOTAL GASTOS GENERALES				16,62
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	16,06
	TOTAL UTILIDAD				16,06
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	6,89
	TOTAL IMPUESTOS				6,89
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					183,50

Fuente: Propia

Item n° 9

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Imprimacion				
Unidad	m2	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Asfalto tipo 85/100	lt	0,70	8,95	6,265
2	Kerosenne o Diesel	lt	0,30	3,74	1,122
			TOTAL MATERIALES		7,387
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0022	24,00	0,053
2	Operador Escoba mecanica	hr	0,0022	16,25	0,036
3	chofer distribuidor asfalto	hr	0,0022	16,25	0,036
4	Operador planta diluidora	hr	0,0022	21,00	0,046
5	Peon	hr	0,0110	13,50	0,149
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		0,319
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,175
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,074
			TOTAL MANO DE OBRA		0,568
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Escoba mecnica autopropulsada	hr	0,0022	144,69	0,318
2	Camion distribuidor de asfalto	hr	0,0022	95,00	0,209
3	Planta diluidora	hr	0,0022	275,87	0,607
4	Grupo generador 100 KVA	hr	0,0264	130,00	3,432
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,028
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					4,595
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1,45
	TOTAL GASTOS GENERALES				1,45
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1,40
		TOTAL UTILIDAD			1,40
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,60
		TOTAL IMPUESTOS			0,60
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					16,00

Fuente: Propia

Item n° 10

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Tratamiento Superficial doble				
Unidad	m2	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Emulsion Bitaflex 65 2P	lt	2,28	7,55	17,214
2	Agregados para Tratamiento	m3	0,02	250,00	3,750
		TOTAL MATERIALES			20,964
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0022	24,0	0,053
2	Operador distribuidor de agregados	hr	0,0022	13,5	0,030
3	Chofer distribuidor asfalto	hr	0,0022	16,3	0,036
4	Operador planta diluidora	hr	0,0022	21,0	0,046
5	Operador Tanden	hr	0,0022	20,0	0,044
6	Peones	hr	0,0022	13,5	0,030
		SUB TOTAL MANO DE OBRA			0,238
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,131
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,055
		TOTAL MANO DE OBRA			0,424
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Planta diluidora	hr	0,0022	275,87	0,607
2	Distribuidor de agregados	hr	0,0022	117,13	0,258
3	Camion distribuidor de asfalto	hr	0,0022	95,00	0,209
4	Rodillo Tanden CB 224C	hr	0,0264	132,63	3,501
5	Compactador Neumatico CAT PS 200	hr	0,0220	260,00	5,720
6	Grupo generador de 100 KVA	hr	0,0264	130,00	3,432
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,021
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					13,748
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	4,06
	TOTAL GASTOS GENERALES				4,06
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	3,92
		TOTAL UTILIDAD			3,92
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	1,68
		TOTAL IMPUESTOS			1,68
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					44,80

Fuente: Propia

Item n° 11

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Alcantarilla metalica D=1,8 m				
Unidad	ml	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Alcantariilla metalica D=1,8 m	ml	1,10	8.083,00	8.891,300
2	Arena natural para apoyo	m3	0,25	120,75	30,188
		TOTAL MATERIALES			8.921,488
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	3,2000	24,00	76,800
2	Operador Camion Grua	hr	3,2000	19,00	60,800
3	Albañil	hr	3,2000	20,50	65,600
4	Peones	hr	9,6000	13,50	129,600
		SUB TOTAL MANO DE OBRA			332,800
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	183,040
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	77,066
			TOTAL MANO DE OBRA		592,906
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Camion Grua	hr	3,2	280,00	896,000
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	29,645
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					925,645
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1.205,82
	TOTAL GASTOS GENERALES				1.205,82
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1.164,59
	TOTAL UTILIDAD				1.164,59
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	499,61
	TOTAL IMPUESTOS				499,61
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					13.310,06

Fuente: Propia

Item n° 12

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Alcantarilla metalica D=1,2 m				
Unidad	ml	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Alcantarilla metalica D=1,2 m	ml	1,10	4.200,00	4.620,000
2	Arena natural para apoyo	m3	0,25	120,75	30,188
			TOTAL MATERIALES		4.650,188
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	3,2000	24,00	76,800
2	Operador Camion Grua	hr	3,2000	19,00	60,800
3	Albañil	hr	3,2000	20,50	65,600
4	Peones	hr	9,6000	13,50	129,600
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		332,800
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	183,040
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	77,066
			TOTAL MANO DE OBRA		592,906
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Camion Grua	hr	3,2	280,00	896,000
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	29,645
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					925,645
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	712,49
	TOTAL GASTOS GENERALES				712,49
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	688,12
		TOTAL UTILIDAD			688,12
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	295,20
		TOTAL IMPUESTOS			295,20
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					7.864,56

Fuente: Propia

Item n° 13

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Alcantarilla metalica D=1,0 m				
Unidad	ml	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Alcantariilla metalica D=1,0 m	ml	1,10	2.702,00	2.972,200
2	Arena natural para apoyo	m3	0,25	120,75	30,188
			TOTAL MATERIALES		3.002,388
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	3,2000	24,00	76,800
2	Operador Camion Grua	hr	3,2000	19,00	60,800
3	Albañil	hr	3,2000	20,50	65,600
4	Peones	hr	9,6000	13,50	129,600
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		332,800
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	183,040
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	77,066
			TOTAL MANO DE OBRA		592,906
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Camion Grua	hr	3,2	280,00	896,000
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	29,645
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					925,645
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	522,17
	TOTAL GASTOS GENERALES				522,17
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	504,31
	TOTAL UTILIDAD				504,31
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	216,35
	TOTAL IMPUESTOS				216,35
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					5.763,77

Fuente: Propia

Item n° 14

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Hormigon Ciclopeo para Cabezales				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Piedra	m3	0,50	115,00	57,500
2	Arena para hormigon	m3	0,50	120,75	60,375
3	Grava para hormigon	m3	0,80	120,75	96,600
4	Cemento	kg	250,00	1,18	295,000
5	Madera	pie2	35,00	9,00	315,00
6	Clavos	kg	0,70	16,00	11,20
7	Alambre de amarre	kg	0,50	16,00	8,00
			TOTAL MATERIALES		843,675
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	6,3000	24,00	151,200
2	Albañil	hr	6,3000	20,5	129,150
3	Peones	hr	12,6000	13,5	170,100
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		450,450
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	247,748
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	104,311
			TOTAL MANO DE OBRA		802,508
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Mezcladora	hr	3,20	22,00	70,400
2	Vibradora	hr	1,00	13,00	13,000
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	40,125
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					123,525
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	204,40
	TOTAL GASTOS GENERALES				204,40
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	197,41
	TOTAL UTILIDAD				197,41
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	84,69
		TOTAL IMPUESTOS			84,69
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					2.256,21

Fuente: Propia

Item n° 15

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Cunetas de hormigon F´c=180 kg/cm2				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Cemento	kg	250,00	1,18	295,000
2	Arena para hormigon	m3	0,60	120,75	72,450
3	Grava para hormigon	m3	0,90	120,75	108,675
5	Madera	pie2	5,80	9,00	52,20
6	Clavos	kg	0,70	16,00	11,20
7	Alambre de amarre	kg	0,50	16,00	8,00
			TOTAL MATERIALES		547,525
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	6,30	24,0	151,200
2	Albañil	hr	6,30	20,5	129,150
3	Peones	hr	12,60	13,5	170,100
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		450,450
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	247,748
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	104,311
			TOTAL MANO DE OBRA		802,508
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Mezcladora	hr	3,20	22,00	70,400
2	Vibradora	hr	1,00	13,00	13,000
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	40,125
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					123,525
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	170,20
	TOTAL GASTOS GENERALES				170,20
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	164,38
		TOTAL UTILIDAD			164,38
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	70,52
		TOTAL IMPUESTOS			70,52
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					1.878,65

Fuente: Propia

Item n° 16

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Señalización horizontal				
Unidad	ml	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Pintura	lt	0,11	34,50	3,795
2	Esferas	kg	0,08	58,00	4,640
		TOTAL MATERIALES			8,435
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	0,0066	24,00	0,158
2	Operador maquina para pintado	hr	0,0066	19,00	0,125
3	Peones	hr	0,0066	13,50	0,089
4	Chofer	hr	0,0260	16,25	0,423
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		0,795
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	0,437
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	0,184
			TOTAL MANO DE OBRA		1,417
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Maquina autopropulsada p/pintar	hr	0,0028	123,00	0,344
2	Camion de Estacas p/apoyp	hr	0,0028	163,27	0,457
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	0,071
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					0,872
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1,24
	TOTAL GASTOS GENERALES				1,24
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1,20
	TOTAL UTILIDAD				1,20
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	0,51
		TOTAL IMPUESTOS			0,51
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					13,67

Fuente: Propia

Item n° 17

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Señal Preventiva 0,60x0,60				
Unidad	Pza	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Placa	pza	1,00	540,00	540,000
2	Poste	pza	1,00	550,00	550,000
3	Agregados	m3	0,10	120,75	12,075
4	Cemento	kg	7,00	1,18	8,260
			TOTAL MATERIALES		1.110,335
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	1,00	24,00	24,000
2	Albañil	hr	1,50	20,50	30,750
3	Peones	hr	3,00	13,50	40,500
4	Chofer	hr	1,50	16,25	24,375
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		119,625
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	65,794
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	27,702
			TOTAL MANO DE OBRA		213,120
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Camion de Estacas p/apoyp	hr	1,5000	163,27	244,905
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	10,656
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					255,561
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	182,38
	TOTAL GASTOS GENERALES				182,38
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	176,14
		TOTAL UTILIDAD			176,14
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	75,56
		TOTAL IMPUESTOS			75,56
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					2.013,10

Fuente: Propia

Item n° 18

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Señal informativa destino 2,2 x 0,40 m				
Unidad	Pza	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
1	Placa	pza	1,00	1.320,00	1.320,000
2	Poste	pza	2,00	550,00	1.100,000
3	Agregados	m3	0,20	120,75	24,150
4	Cemento	kg	14,00	1,18	16,520
			TOTAL MATERIALES		2.460,670
B.-	MANO DE OBRA				
1	Capataz	hr	1,00	24,00	24,000
2	Albañil	hr	1,50	20,50	30,750
3	Peones	hr	3,00	13,50	40,500
4	Chofer	hr	1,50	16,25	24,375
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		119,625
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	65,794
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	27,702
			TOTAL MANO DE OBRA		213,120
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Camion de Estacas p/apoyp	hr	1,5000	163,27	244,905
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	10,656
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					255,561
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	338,34
	TOTAL GASTOS GENERALES				338,34
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	326,77
		TOTAL UTILIDAD			326,77
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	140,18
		TOTAL IMPUESTOS			140,18
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					3.734,64

Fuente: Propia

Item n° 19

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Provision y colocado de letrero de obra				
Unidad	Pza	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
	Letrero de lona con diseño	m2	2,00	80,00	160,000
	Tubular rectangular 50x30x2mm	m2	3,50	25,80	90,300
	Plancha metalica 1/40" 2x1m	Pza	0,50	145,00	72,500
	Base de anclaje	Pza	0,33	145,00	47,850
	Pegamento	L	0,33	65,00	21,450
	Electrodos	Kg	0,10	55,00	5,500
			TOTAL MATERIALES		397,600
B.-	MANO DE OBRA				
1	Especialista cerrajero	hr	2,5	20,5	51,25
2	Ayudante	hr	2,5	15,0	37,50
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		88,750
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	48,813
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	20,552
			TOTAL MANO DE OBRA		158,114
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Equipo soldadura	hr	0,1000	17,00	1,700
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	7,906
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					9,606
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	65,29
	TOTAL GASTOS GENERALES				65,29
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	63,06
	TOTAL UTILIDAD				63,06
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	27,05
	TOTAL IMPUESTOS				27,05
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					720,73

Fuente: Propia

Item n° 20

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Limpieza general de la obra				
Unidad	m3	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
		TOTAL MATERIALES			0,000
B.-	MANO DE OBRA				
1	Chofer	hr	0,2	16,5	3,30
2	Operador	hr	0,05	19,0	0,95
3	Ayudante	hr	2,5	15,0	37,50
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		41,750
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	22,963
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	9,668
			TOTAL MANO DE OBRA		74,381
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	Volqueta 6m3	hr	0,05	110,00	5,500
2	Retroexcavadora	hr	0,05	230,00	11,500
HERRAMIENTAS=(5% del total mano de obra)				5%	3,719
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					20,719
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	10,98
	TOTAL GASTOS GENERALES				10,98
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	10,61
	TOTAL UTILIDAD				10,61
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	4,55
	TOTAL IMPUESTOS				4,55
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					121,24

Fuente: Propia

Item n° 21

PROYECTO	PROYECTO RUTA TURISTICA PARQUE ECOLOGICO SAN JACINTO				
ACTIVIDAD:	Desmovilizacion				
Unidad	Glb	Moneda:	Bolivianos		
DESCRIPCION		Unidad	Rendimiento	Precio Productivo	Costo Total
A.-	MATERIALES				
			TOTAL MATERIALES		0,000
B.-	MANO DE OBRA				
1	Chofer	hr	30,0	16,5	495,00
2	Operador	hr	30,0	19,0	570,00
3	Ayudante	hr	96,0	15,0	1.440,00
			SUB TOTAL MANO DE OBRA		2.505,000
Cargas Sociales=(% del Sub Total de Mano de Obra:				55%	1377,750
Imp.IVA mano de obra=(% de Sub total mano de obra+Carga social)				14,94%	580,083
			TOTAL MANO DE OBRA		4.462,833
C.-	EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	LowBoy	hr	30,00	220,00	6.600,000
HERRAMIENTAS)=(5% del total mano de obra)				5%	223,142
TOTAL EQUIPO,MAQUINARIA Y HERRAMIENTA					6.823,142
D.-	GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
1					
Gastos Generales=(15% de A+B+C)				12%	1.303,53
	TOTAL GASTOS GENERALES				1.303,53
E.-	UTILIDAD				
Utilidad=(15% de A+B+C+D)				10%	1.258,95
	TOTAL UTILIDAD				1.258,95
F.-	IMPUESTOS				
Impuestos I.T=(3,9% de A+B+C+D+E)				3,90%	540,09
	TOTAL IMPUESTOS				540,09
TOTAL PRECIO UNITARIOS EN Bs(A+B+C+D+E+F)					14.388,54

Fuente: Propia

Tabla n° 88

PRESUPUESTO GENERAL					
Item	Descripcion	Unidad	Volumen	Precio Unitario	Total(Bs)
1	Instalacion de Faenas	Glb	1,00	3.841,50	3.841,50
2	Limpieza y Desbroce	Ha	5,00	6.246,81	31.224,05
3	Replanteo general de la obra	ml	5.000,00	3,01	15.034,10
4	Excavacion con maquinaria	m3	39.641,66	14,68	581.743,49
5	Conformacion del terraplen	m3	46.521,02	14,76	686.761,73
6	Sobre acarreo	m3.km	17.127,60	24,33	416.676,73
7	Provision y Conformacion Sub Base	m3	7.705,69	137,03	1.055.945,53
8	Provision y Conformacion Capa Base	m3	5.439,69	183,50	998.200,95
9	Imprimacion	m2	43.517,50	16,00	696.280,76
10	Tratamiento Superficial Doble	m2	43.605,75	44,80	1.953.351,50
11	Alcantarilla metalica D=1,8 m	ml	13,00	13.310,06	173.030,75
12	Alcantarilla metalica D=1,2 m	ml	13,50	7.864,56	106.171,51
13	Alcantarilla metalica D=1,0 m	ml	135,00	5.763,77	778.108,67
14	Hormigon Ciclopeo p/Cabezales	m3	25,48	2.256,21	57.488,24
15	Cuneta de Hormigon	m3	477,40	1.878,65	896.866,16
16	Señalizacion Horizontal	ml	17.680,00	13,67	241.732,98
17	Señal Preventiva de 0,60 x 0,60 m	pza	25,00	2.013,10	50.327,39
18	Señal Informativa 2,2 x 0,40 m	pza	2,00	3.734,64	7.469,29
19	Provision y colocado letrero de obra	pza	1,00	720,73	720,73
20	Limpieza general de la obra	m3	120,00	121,24	14.549,15
21	Desmovilizacion	Glb	1,00	14.388,54	14.388,54
				Total	8.779.913,76

Fuente: Propia

CAPITULO III

CONCLUSIONES

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

Se pudo analizar los criterios y aspectos técnicos sugeridos por el manual de diseño geométrico de la ABC, donde se interrelacionaron diferentes conceptos para la aplicación en el diseño geométrico del tramo en estudio.

Se obtuvieron los parámetros de mayor incidencia en lo geométrico la topografía y estructural como suelos, carga del vehículo tipo y realizando el aforo vehicular durante una semana obteniendo un TPDS de 47 veh/día proyectando con un horizonte 15 años.

Con el fin de estudiar las características del suelo se procedió a la realización de calicatas, las mismas se realizaron en todo el ancho de calzada, para luego realizar la correspondiente clasificación. Se destacan un tipo de suelo granular con ciertas proporciones de finos (limoso o arcillas), este tipo de suelos tienen un buen desempeño como subrasante en carreteras ya que combinan buena capacidad de drenaje y estabilidad moderada por los finos de baja plasticidad.

El diseño geométrico que se realizó fue producto de un análisis cuantitativo y cualitativo de la norma adoptando las siguientes dimensiones 7 mts de calzada, 0,5 mts de berma, el diseño del trazo que se pudo obtener es seguro, confortable, para usuarios y peatones, cumpliendo además con la parte social, respetando lotes y sembradíos existentes en el momento que se hizo la inspección y el acuerdo con los comunarios de la zona, es por eso que en algunos casos las giros o curvas del proyecto son obligatorios, para respetar las propiedades privadas de los beneficiarios, todo esto se pudo lograr con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D.

Para la estimación de los volúmenes de movimiento de tierras se tomó en consideración los valores netos aportados por programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop y se obtuvo el diagrama de masas, con el cual, en primera instancia, se corrigió la rasante del eje de la carretera propuesta, para nivelar los volúmenes de corte y relleno e intentar equilibrar dichas cantidades.

El cálculo de las alcantarillas cruce y alivio, son de tipo circular que cumplen con las condiciones principales de velocidad y altura de agua a la entrada mejorando así sus condiciones hidráulicas, garantizando de esta manera buen funcionamiento ante cualquier evento hidrológico extraordinario.

Todo esto posible con la simulación del software HY-8, que nos permite simular distintos escenarios y condiciones, en nuestro caso, concluimos que alcantarillas de cruce en forma de baterías dobles, alcantarillas de alivio con un solo tubo de acero corrugado.

El método más exacto y adoptado en este proyecto es la AASHTO – 93 se obtuvo una capa rodadura de 5.0 cm., una capa base de 10 cm. y una subbase de 14 cm., se puede decir sin duda que las variables utilizadas en este método podrían presentar un problema porque a la hora de adoptar valores para las variables se puede incurrir en errores cuando no se tiene experiencia en el diseño, pero en particular para nuestro medio podría decir que el método CBR es un método aceptable porque sus variables fueron cuantificadas en el laboratorio.

En este trabajo se optó por el tratamiento superficial doble, debido a su bajo costo, al menor uso de equipo pesado o maquinaria específica, ya que teniendo los agregados pétreos y el ligante; solo requiere de un imprimador, una volqueta con gravilladora, escoba mecánica, equipo compactador (rodillo liso y neumático pequeño) y equipo menor para los trabajadores. Además, el tipo de vehículos que transitan por el lugar, ninguno supera el tamaño de un Nissan cóndor (7780 kg aproximado), el resto del volumen vehicular presente en la zona corresponde a modelos más pequeños y de peso bastante menor (1700 kg en promedio); lo cual se convierte en la mejor opción para una carretera de tipo comunal, ya que no afrontara pesos de camiones de doble eje o triple.

El presupuesto final del proyecto es de 8.779.913,76 bs., es decir 1.274.298,078 \$us en total, que también se ve reflejado el tipo de maquinaria empleada, ya que en la zona donde se proyecta este trabajo no se requiere maquinaria de perforación ni excavación en roca. Además, no se presentan grandes afluentes de agua, como ríos o quebradas, que requieran obras de arte aún mayor.

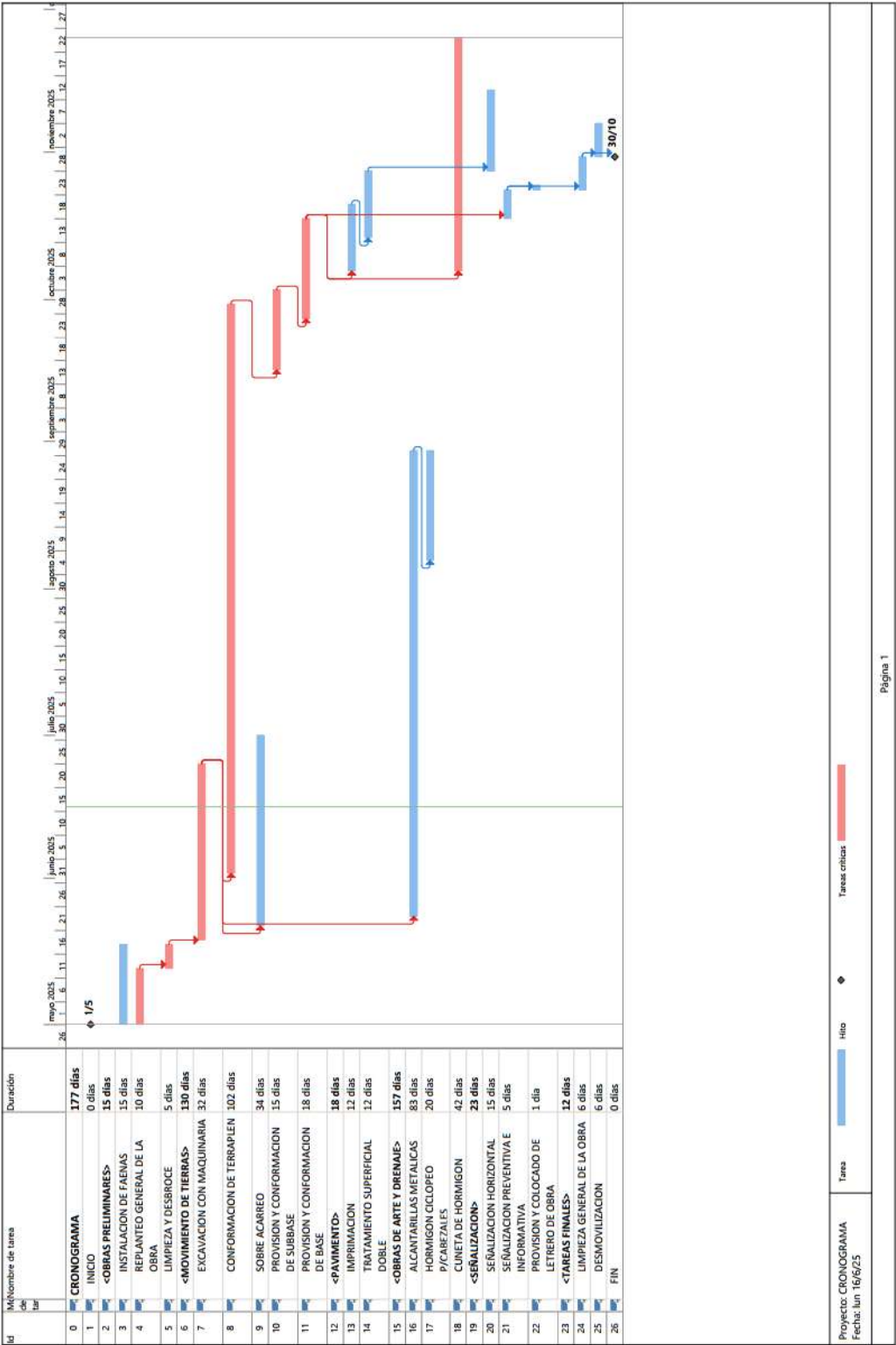
Habiendo definido el tipo de vehículo más incidente y el tráfico a futuro que pasara sobre este tramo carretero, podemos hacer una comparativa de costos entre tratamiento superficial y carpeta asfáltica, apoyándonos en una experiencia propia en un proyecto realizado en Uyuni-Potosi:

Item	h(altura)	unidad	precio bs/m2
carpeta asfaltica(compactado)	0,05	m	75,88
area a cubrir	43.605,75	m2	3.308.804,31

Fuente: Elaboración Propia

Comparando entre ambos ítems, vemos la diferencia de casi 1 millón de bs. para cubrir la misma área proyectada. En la siguiente figura, se pudo definir un tiempo de ejecución de obra de 177 días, más o menos 6 meses, teniendo como ítems críticos la excavación, el conformado de terraplén y los hormigones.

Figura n° 90



Fuente: Elaboración propia

3.2 RECOMENDACIONES

Si se pretende usar el método AASHTO para el diseño estructural, se deberá definir en forma acertada las ecuaciones del módulo resiliente, estas dependen de los valores de CBR, que influyen directamente en el resultado para determinar el espesor del paquete estructural.

Es importante la correcta elaboración de un croquis, ya que nos permite representar de forma sencilla y rápida como se proyecta la carretera, incluyendo su trazo, ubicación, punto de inicio y final, curvas, etc. Como también prever obstáculos naturales como artificiales (ríos, montañas, zonas urbanas, etc.)

Para el diseño de alcantarillas, tener en cuenta todos los aportes, ya sea por escurrimiento o en caso de que se presenten acequias realizadas por los pobladores, tener muy en cuenta que la sección hidráulica cumpla con ese aporte extra.

Si bien las alcantarillas de alivio obtenidas presentan diámetros pequeños, se optó por un diámetro mayor, apoyándonos siempre en un factor constructivo y para su futuro mantenimiento.

Se recomienda tener cuidado al adoptar valores o coeficientes en los programas de simulación, como en nuestro caso, como también escoger bien las condiciones de entrada o salida de las alcantarillas, ya que de eso dependerá si el flujo de agua puede causar erosión o abrasión de los cabezales de salida.

Es de mucha importancia aprovechar los software “libres”, que son de mucho apoyo a la hora de diseñar o modelar obras de drenaje.

Aprender o tener algún conocimiento en inglés, ya que las mayorías de estas herramientas vienen en ese idioma.

Para asumir cargas por rueda o por eje para el método CBR es necesario tener en cuenta el tipo de vehículo que circula por el camino, optando siempre por el de mayor impacto.

Para el tratamiento superficial, tener mucho en cuenta la proyección de vehículos tipo que pasaran por la carretera, tener en cuenta si la zona tiende a un crecimiento en el área

industrial, que a futuro puede afectar con la presencia de vehículos con doble eje. Al mismo tiempo si bien está definido el tipo de emulsión a usar, hay que tener en cuenta que entran en juego factores climáticos para zonas de extremo calor, con gradientes térmicos importantes, para lo cual el Grupo BITAFAL, determina emulsiones y cuidados específicos.

Se recomienda tener objetividad a la hora de escoger equipo pesado, ya que este impactara directamente en el presupuesto de la obra.

Es importante adoptar con cierta objetividad los tiempos de un ciclo de carga de una pala cargadora por ejemplo o las velocidades de viaje de volquetas cargadas o vacías, como también los factores operador (rendimiento que nunca será el 100% o igual a 1), factor material (blando o roca), como también las dimensiones o capacidades de los equipos seleccionados, y sobre todo tener cuidado con las unidades ya sea m², m³, min, hr, para obtener valores coherentes.

En el análisis de presupuesto o precios unitarios, es necesario identificar correctamente el equipo “líder” de cada ítem, ya que en base del mismo dependerá el resto de equipos que comprenden un ítem, por ejemplo, en el caso de la excavación, el equipo líder será el tractor CAT D6H, no podría ser la pala cargadora y