



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

**“EVALUACIÓN DE LA VÍA GUALLAVÍ - TAUCAN DEL CANTÓN RIOBAMBA”**

**AUTOR:**

EDIN HERNÁN QUINZO CAYAMBE

**DIRECTOR:**

ING. ÁNGEL PAREDES GARCÍA.

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: "EVALUACIÓN DE LA VÍA GUALLAVÍ - TAUCAN DEL CANTÓN RIOBAMBA" presentado por: Edin Hernán Quinzo Cayambe y dirigida por: Ing. Ángel Paredes García.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Diego Barahona R.

-----

**Presidente del Tribunal**

**Firma**

Ing. Ángel Paredes G

-----

**Director del Proyecto**

**Firma**

Ing. Edison Tapia.

-----

**Miembro del Tribunal**

**Firma**



## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

*“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Edin Hernán Quinzo Cayambe e Ing. Ángel Paredes García; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Nacional de Chimborazo,  
Faculta de Ingeniería, Escuela de Ingeniería  
Civil, por la formación recibida.*

*Al Barrio Guallaví en especial al Padre Angel Caiza y Sr. Segundo Tene, por el apoyo para la realización del presente proyecto de graduación.*

*Al Ingeniero Ángel Paredes, por el apoyo para el desarrollo del proyecto de graduación.*

*A mis familiares, amigos y en especial al Ing. Manuel Noriega por brindarme su apoyo incondicional.*

## **DEDICATORIA**

*Al culminar esta etapa de mi vida dedico este trabajo a mis padres Abelino Quinzo y Mariana Cayambe, a mi esposa Valeria e hijo Alejandro; quienes me han apoyado durante este largo camino, a mis hermanos; Bethi Patricia, Martha y Milton y a mis familiares cercanos quienes siempre estuvieron en el proceso de formación de mi vida profesional motivándome y brindándome lo mejor.*

*Edin Hernán Quinzo Cayambe.*

## II. INTRODUCCIÓN

La mejor manera de hacer frente a la tarea de conservar las carreteras debe ser en primer lugar, la necesidad de organizar un sistema de gestión que cubra en lo posible las diversas funciones: administrativas, técnicas de ingeniería y financieras, involucradas en la misma las cuales deben ser permanentes y que pueden ser agrupadas bajo los siguientes procesos directos: a) Planificación, b) Programación, c) Ejecución y d) Evaluación.

En la presente investigación nos centraremos en la Evaluación donde analizaremos los factores más importantes para evaluar, que serán: la sección transversal, el sistema de drenaje, la calidad de la capa de rodadura y el trazado geométrico para lo cual se realizara un inventario y posteriormente serán analizados para tomar correctivos si son necesarios.

Generalmente se puede establecer una metodología de evaluación que debe cumplir tres condiciones según el tipo de estudio: descriptivo, es decir mostrar todos los elementos reales que demuestran la existencia de un problema, también ser explicativo, donde se debe efectuar un análisis del problema de forma que abarquen las causas que lo originan y por otra parte evaluativo, determinando las causas que lo originan.

La presente investigación servirá de apoyo fundamental para el desarrollo de evaluaciones de vías no pavimentadas en sectores rurales y de esta manera proponer alternativas de solución a los problemas encontrados.

### **III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.**

La vía Guallaví - Taucan es parte de la red interparroquial del Cantón Riobamba provincia de Chimborazo, tiene una distancia de 4.5 km. Comienza en El Barrio Guallaví en la vía Yaruquies-San Vicente, pasando por la comunidad de Taucan hasta llegar a la vía Riobamba – Cacha, Parroquia de Cacha Centro.

En la actualidad esta vía es utilizada en su mayoría por transporte liviano para llegar a la comunidad de Taucan y Parroquia Cacha, y una cantidad pequeña de transporte pesado que se dedica al transporte de feldespatos desde la Concesión Minera de la Compañía EXPLOMINAS S.A hacia la Fábrica ECUACERAMICA C.A en la Ciudad de Riobamba.

La parroquia de Cacha y sus comunidades del norte, para trasladarse a la ciudad de Riobamba harán un ahorro de tiempo de recorrido con esta nueva vía, ya que se evitarían darse la vuelta por la Vía Riobamba-Cacha, pero las condiciones actuales no les permiten recorrerla en forma segura.

La topografía de la zona es plana y montañosa con un clima frío, los sectores beneficiarios se dedican a las actividades de minería, agricultura y ganadería.

Motivados por la necesidad de un mejor estado de la vía mediante el oficio No 010-CP.BG<sup>1</sup>, Guallaví 20 de Marzo del 2010, solicita a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Escuela de Ingeniería Civil realizar los Estudios de la vía Guallaví – Taucan para posteriormente ser presentada a las entidades públicas del Cantón y Provincia.

---

<sup>1</sup> BARRIO GUALLAVI, Oficio No 10-CP.BG, ANEXOS.

## **3.2 EVALUACIÓN VIAL.**

### **a. Reconocimiento vial<sup>2</sup>.**

El reconocimiento es la investigación a detalle de diferentes parámetros, los mismos que se comparan con valores estándares de diversas entidades normativas, que nos ayudan a determinar el estado en nuestro caso de la carretera.

Existen diferentes tipos de instrumentación para la obtención de dichos parámetros, los mismos que abarcaremos en lo posterior.

El reconocimiento Primario se la puede entender como el preámbulo de toda investigación.

En este proceso se recauda la mayor cantidad de información de acuerdo a los requerimientos del ensayo. Se establece que ensayos se evaluarán y registrarán, que tipo de equipo se utilizará (dependiendo del tiempo y presupuesto sostenido), así como que programas se ejecutarán.

En la actualidad, la obtención de parámetros que definan las características de la capa de rodadura y sus elementos geométricos requiere de un trabajo más allá de laborioso, científico.

Gracias a la ayuda de la Informática, podemos realizar esta captura con modernos equipos que a más de generarnos beneficios con la facilidad de tiempo, nos provee de una seguridad de los parámetros ya que su grado de error es cada vez más ínfimo.

Una vez realizado el reconocimiento primario, es conveniente y necesario realizar un seguimiento frecuente y progresivo del desarrollo de la vía, para poder evitar a tiempo daños irreversibles.

---

<sup>2</sup> CONSULTORES – LEÓN&GODOY 2008

## **b. Inventario vial.**

Un inventario es una relación de unos activos de una empresa u organismo. Su objetivo es disponer en todo momento de una información suficiente para poder hacer uso adecuado de la misma y tomar las decisiones de gestión precisas en las que intervengan esos activos. En el caso de las carreteras, la empresa u organismo es la administración competente y el activo es la red de carreteras.

El inventario de carreteras debe suministrar una información veraz, actualizada y pertinente sobre la extensión, situación y características de una red de carreteras. Habitualmente los inventarios de carreteras han sido utilizados y concebidos para ser la base de la planificación de carreteras, para la realización de diversos tipos de estudios o para la elaboración de estadísticas que permitan conocer el estado general de la red. Actualmente se comienza a pedir otras características adicionales que habiliten al inventario como elemento útil para la gestión económica y por lo tanto que tenga en cuenta las características relacionadas con el mantenimiento y explotación.

## **c. Evaluación Superficial.**

### **1) Inventario de condición y evaluación de las carreteras<sup>3</sup>**

El inventario de condición se inicia con la identificación de segmentos homogéneos de los caminos la cual se califica por la similitud de la naturaleza física del territorio (costa, sierra, selva), las características de la carretera (afirmada o de tierra) y la demanda de usuarios (clase de carretera).

Se levanta la información de la condición de cada segmento vial homogéneo usando el método visual.

---

<sup>3</sup> Manual para la Conservación de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC PERÚ.

La información recopilada será presentada en formatos Titulados Formato de inventario de condición vial.

De acuerdo al volumen de tránsito, se identifica la clase de camino.

## **2) Criterios técnicos básicos.**

Los factores por evaluar serán: *la sección transversal, el sistema de drenaje, la calidad y la capa de rodadura*. La calidad de la capa de rodadura alcanza con la mezcla más estable posible de gravas y finos bien dosificados, con tamaño máximo de 7 cm, de características angulosas, de arenas y de finos plásticos que actuarán como ligantes.

La sección transversal deberá tener un adecuado perfil de bombeo de su superficie (corona), recomendable entre 2 y 4%, y un buen sistema lateral de drenaje de la capa de afirmado.

La profundidad requerida (espesor) de la capa de rodadura (afirmado) dependerá de la calidad del suelo de subrasante natural y de lo pesado del tránsito. Para la mayoría de las situaciones, el espesor de afirmado requerido estará en 15 cm.

La presencia en la carretera de deterioros superficiales como ahuellamientos y baches, son indicadores de debilidad estructural, la que podría ser causada por un drenaje inapropiado o por la falta de un adecuado espesor del afirmado, por una mala graduación de la mezcla de gravas, o por la simultaneidad de esas causas.

Otros aspectos son los referidos al control del polvo y las superficies que presentan disgregaciones por efecto del escurrimiento superficial del agua, que son importantes para el servicio total de la carretera. Sin embargo, resultan ser secundarias porque pueden cambiar rápidamente por efectos climatológicos o por la conservación.

Entonces, estas condiciones no debieran influenciar la atención primaria de la carretera (trazado, sección, drenaje y espesor de la capa de rodadura).

Consecuentemente, los deterioros superficiales y otros visibles, en general constituyen indicadores importantes de problemas de drenaje y del afirmado.

### **3) Condiciones y defectos de las carreteras.**

El instrumento más usado en la etapa de inventario es el procedimiento visual, basado en una clasificación de deterioros que se relaciona a una calificación ponderada de estado de condición de cada segmento vial homogéneo en que se divide la carretera o grupo de carreteras encargado a una residencia de conservación vial.

A continuación se describe la metodología visual recomendada para calificar la condición de una carretera afirmada (de grava o tierra), en función de grupos de características de la carretera identificables con facilidad, como sigue:

- Geometría de la corona

La altura y condición de la corona, especialmente, asociada a un perfilado irrestricto de la pendiente del bombeo y de su prolongación hacia las cunetas que llevan a las alcantarillas.

- Superficie de rodadura

Las características de la superficie de rodadura o capa de afirmado en espesor y en calidad de la mezcla para facilitar la evacuación del agua hacia las cunetas y para soportar las cargas del tránsito.

- Deformaciones de la superficie

Existencia de encalaminados, baches o huecos y ahuellamientos.

- Defectos especiales de la capa de rodadura

Generación de polvo por el tránsito y pérdida de agregados.

- Drenaje

La condición apropiada de las cunetas y de las alcantarillas para facilitar el traslado del agua superficial hacia fuera del camino.

- Deterioro del medio ambiente, por deslizamientos o desestabilización de taludes y cursos de agua.

#### **d. Evaluación Geométrica.**

##### **1) Conceptos de diseño vial<sup>4</sup>**

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante, ya que a través de éste se establece su configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Los factores o requisitos del diseño se agrupan en: externos o previamente existentes e internos o propios de la vía y su diseño.

Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales climatología e hidrología de la zona, los planes de ordenamiento territorial y uso del suelo existentes y previstos, los parámetros socio – económicos del área.

Los factores internos de diseño contemplan las realidades para definir los parámetros de diseño y los aspectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigible y los relacionados con la estética y armonía

La velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y el parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto.

---

<sup>4</sup> CONSULTORES – LEÓN&GODOY 2008

La carretera es una superficie continua y regular transitable en un espacio tridimensional. Casi en todos los diseños se realizan dos análisis bidimensionales complementarios del eje de la vía, prescindiendo en cada caso de una de las tres dimensiones.

Así, si no se toma en cuenta la dimensión vertical (cota); resultará el alineamiento en planta o el diseño geométrico horizontal que es la proyección de la vía sobre un plano horizontal.

Si se toma en cuenta la dimensión horizontal o alineamiento en planta y junto con ella, se considera la cota, se obtiene el perfil longitudinal o diseño geométrico vertical que es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Finalmente, si se considera el ancho de la vía asociada a su eje resultarán sucesivas secciones transversales, compuestas por la calzada, los espaldones, las cunetas y los taludes laterales; complementándose así la concepción tridimensional de la vía.

La mejor ruta entre varias alternativas, que permite enlazar entre dos puntos extremos terminales, sea aquella que de acuerdo con las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas, de drenaje, y que ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética. Por tanto, para cada ruta sería necesario determinar en forma aproximada los costos de construcción, operación y mantenimiento de la futura vía a diseñar, para así compararla con los beneficios probables esperados.

Para el análisis y evaluación de las alternativas estudiadas se ha definido los criterios y los parámetros técnicos de diseño que serán acoplados principalmente a las condiciones topográficas, a las condiciones geológico-geotécnicas, hidrológica y de drenaje y a las Normas de Diseño Geométrico del MTOP – 2003.

## 2) Normas de Diseño Geométrico.

Dadas las características geomorfológicas de los corredores en los que se implantaron los enlaces viales, se ha considerado cuatro tipos de terreno: llano, ondulado, montañoso y escarpado.

### - Carreteras en terreno plano

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0.5 %.

Existe un mínimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la ejecución de la obra básica de la carretera. Las pendientes longitudinales de la vía son cercanas al 0%.

### - Carreteras en terreno ondulado

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo. La pendiente transversal de terreno natural varía de 5–25 %. El movimiento de tierras es moderado, que permite alineamientos rectos.

### - Carreteras en terreno montañoso

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural varía de 25–75 %.

Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se puedan presentar en una dirección dada. Hay dificultades en el trazado y construcción de la obra básica.

- Carreteras en terreno escarpado

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente, que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural de 75 %.

Existe un máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y construcción de la obra básica, pues los alineamientos están prácticamente definidos por las difíciles características geomorfológicas a lo largo del recorrido de la vía.

- Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad, y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo de una vía cuando las condiciones sean tan favorables, que las características de la vía predominante.

- Radio Mínimo de Curvas Horizontales

Para la determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se ha seguido el criterio de la AASHTO, criterio adoptado en las normas del MTOP, según el cual, este radio es función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral.

- Pendientes Máximas y Mínimas

La pendiente longitudinal corresponde a 3, 4, 6 y 7% para terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado respectivamente, pudiendo en longitudes cortas, menores a 500 m, aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos.

- Determinación de las Curvas Verticales

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

Para determinar las longitudes de las curvas verticales se utilizaron las siguientes expresiones:

Curvas verticales Convexas  $L=KA$

Siendo:

A= Diferencia algebraica de las gradientes

K = Coeficiente dependiendo la velocidad de proyecto

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO.

- a) *TIPO DE ESTUDIO*: Descriptivo, Explicativo y Evaluativo.

Descriptivo.- porque se debe definir los procedimientos que se debe seguir para la evaluación de la vía.

Explicativo porque.- se debe explicar los procedimientos realizados para la evaluación de la vía.

Evaluativo.- porque se debe evaluar y determinar los resultados obtenidos de la evaluación de la vía.

- b) *NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN*: Evaluativo

Porque se debe evaluar y determinar los resultados obtenidos de la evaluación vial.

### 4.2 POBLACIÓN MUESTRA.

La investigación se fundamenta en la vía que une la vía Yaruquies-San Vicente con la Vía Riobamba-Cacha con una longitud de 4.6 km.

### 4.3 PROCEDIMIENTOS.

#### 1. *SE ESTABLECE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA VÍA.*

- **Recorrido y Levantamiento Fotográfico de campo**: se realizará el reconocimiento visual y descriptivo general conjuntamente con los dirigentes de las comunidades beneficiarias, determinando cada uno de los elementos que conforma la vía, utilizando materiales e instrumentos como una tabla elaborado para el inventario y una cámara fotográfica.



**Figura 1.** Inicio de la vía, Barrio Guallaví.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- **Diagnóstico:** al final del recorrido se hará un breve resumen y se informará técnicamente a los dirigentes de las comunidades.



**Figura 2.** Capa de Rodadura

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

*2. SE ESTABLECE LOS PROBLEMAS QUE SE RELACIONAN CON EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.*

**Levantamiento de campo:** Se realiza un recorrido por el eje de la vía existente a fin de conseguir el alineamiento horizontal aproximado para la colocación de los BM y determinación de la longitud, para el mismo se debe utilizar los siguientes materiales e instrumentos.

- 1 GPS modelo MAGELLAN TRITON 300.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- 1 automóvil.
- Software AutoCAD Civil 3D Land Desktop version 2009.

**Levantamiento Topográfico:** se procederá a realizar el levantamiento de la faja topográfica de la vía existente tomando en cuenta cada uno de los elementos geométricos.



**Figura 3.** Levantamiento Topográfico.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Para el mismo se debe utilizar los siguientes materiales e instrumentos:

- 1 Estación Total Electrónica modelo TRIMBLE 3305DR.
- 1 GPS modelo MAGELLAN TRITON 300.
- 1 Brújula.
- 9 cilindros de hormigón.
- Estacas, clavos, pintura roja y libreta de campo.
- 1 Operador, 2 Cadeneros y 3 ayudantes.
- Software AutoCAD Civil 3D Land Desktop version 2009.

3. *SE ESTABLECE LOS PROBLEMAS QUE SE RELACIONAN CON EL SISTEMA DE DRENAJE DE LA VÍA.*

**Levantamiento de campo:** Se realiza un recorrido por la calzada y taludes a fin de observar componentes de drenaje de la vía.



**Figura 4.** Cunetas Laterales.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Se utiliza los siguientes materiales e instrumentos:

- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo.

**Levantamiento Topográfico a detalle:** Será el mismo procedimiento del numeral 2 tomando en cuenta todos los detalles del sistema de drenaje.



**Figura 5.** Alcantarillas.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

4. *SE DETERMINARÁ LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA VÍA.*

- Encuestas de Origen y destino<sup>5</sup>.
- Medición del Tráfico<sup>6</sup>.
- Encuestas Domiciliarias<sup>7</sup>.



**Figura 6.** Vehículo tipo.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

5. *SE DEFINIRÁ CUÁLES FUERON LOS CRITERIOS DE DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA VÍA.*

- Investigación de gabinete en las entidades públicas.
- Análisis tomando en cuenta el trazado actual de la vía.

6. *SE DEBE PLANTEAR POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS QUE OCASIONA EL ACTUAL DISEÑO GEOMÉTRICO Y SISTEMA DE DRENAJE DE LA VÍA.*

Determinar 2 posibles alternativas para mejorar el diseño actual y realizar los estudios definitivos de la alternativa escogida.

---

<sup>5</sup> Modelo: “ENCUESTAD DE ORIGEN DESTINO”, Vía Guallaví-Taucan, ANEXOS.

<sup>6</sup> Modelo: “CONTEO DE TRÁFICO”, Vía Guallaví-Taucan, ANEXOS.

<sup>7</sup> Modelo: “ENCUESTAS DOMICILIARIAS”, Vía Guallaví-Taucan, ANEXOS.

#### **4.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.**

Para el procesamiento de datos se utiliza el método analítico, inductivo y deductivo.

##### *1. SE ESTABLECE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA VÍA.*

- **Recorrido y Levantamiento Fotográfico de campo:** se analizará cada uno de los elementos y situaciones; se procesaran esas fotografías.
- **Diagnostico:** Se procederá a realizar una reunión general de las comunidades interesadas en la casa barrial de Guallaví donde se expondrá un breve diagnostico de la vía actual con el afán de organizar a los moradores de las comunidades para el desarrollo de las mingas.

##### *2. SE ESTABLECE LOS PROBLEMAS QUE SE RELACIONAN CON EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.*

###### **a) Trabajos de campo.**

La nivelación geométrica se la hizo con ida y retorno, colocando hitos de hormigón para la identificación de los BM cada 500 metros, antes de iniciar la nivelación esta fue enlazada a la red de control vertical del IGM para poder disponer de cotas reales en lo que se refiere al diseño vertical.

Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total Marca TRIMBLE con sus respectivos accesorios con capacidad de 10 000 puntos de almacenamiento, se realizo la toma de datos a detalle en la mesa de la vía cada 5 m, la faja 40 m al lado izquierdo y derecho así como también los taludes, los derrumbes, las quebradas, las construcciones, las alcantarillas, los cruces de camino, las cunetas naturales, etc.

Para la identificación de todos los detalles a ser tomados se utilizaron códigos en el equipo como:

ST: Estación.

VE: Vía existente.

TOPO: Puntos de la faja topográfica.

REF: Referencias.

C: Construcción.

TLD: Talud.

QBD: Quebrada.

ALC: Alcantarillas.

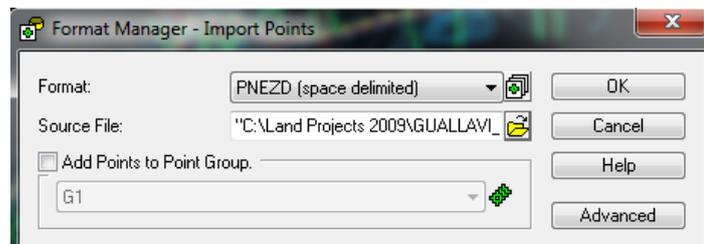
El tiempo del levantamiento topográfico tuvo una duración de 8 días laborables con la ayuda de 2 cadeneros y 3 ayudantes finalizando con la toma de 5 141 datos (NORTE, ESTE, ELEVACIÓN, DESCRIPCIÓN)

#### **b) Trabajos de oficina.**

Luego de haber realizado el trabajo de campo procedemos a descargar los datos hacia un computador. Para el proceso e interpretación de la topografía utilizamos el Software AutoCAD Civil 3D Land Desktop Versión 2009.

A continuación se detalla el procedimiento para el análisis topográfico:

1. Creamos los puntos descargados en el excel en formato CSV (delimitados por espacios).
2. Importamos los datos al Software AutoCAD Civil 3d Land Desktop.



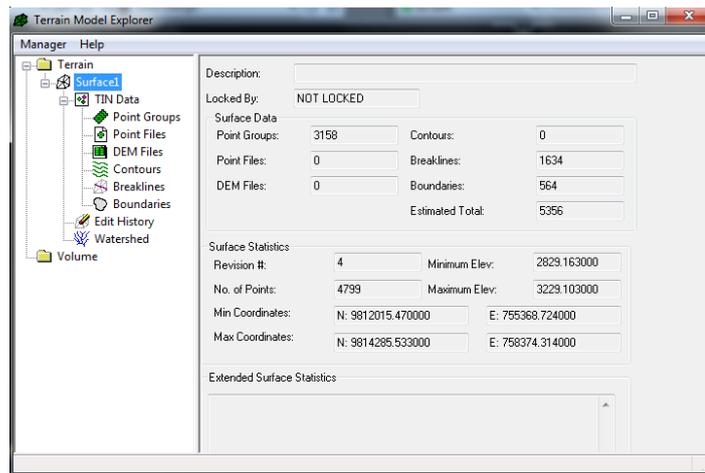
**Figura 7.** Ventana para importar puntos.

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

3. Creamos una superficie tridimensional con los puntos importados, breaklines y boudaris.

Breaklines.- Polilineas en 3d para obtener una topografía a detalle.

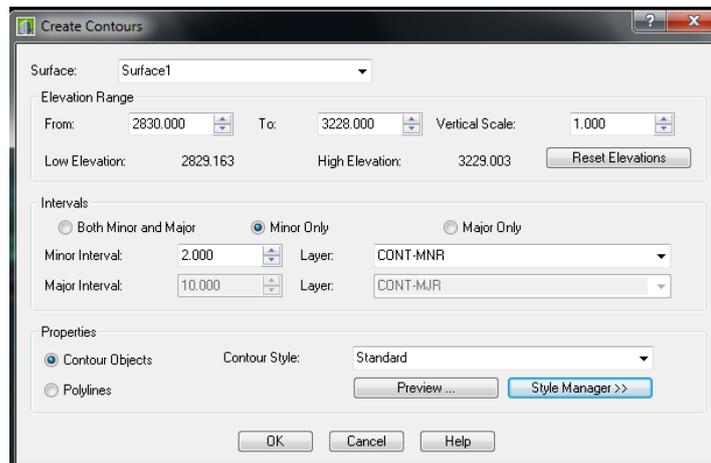
Boudaries.- Para obtener la faja topográfica.



**Figura 8.** Ventana para crear superficies.

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

4. Creamos las curvas de nivel con el comando *CREATE COUTOURS*.

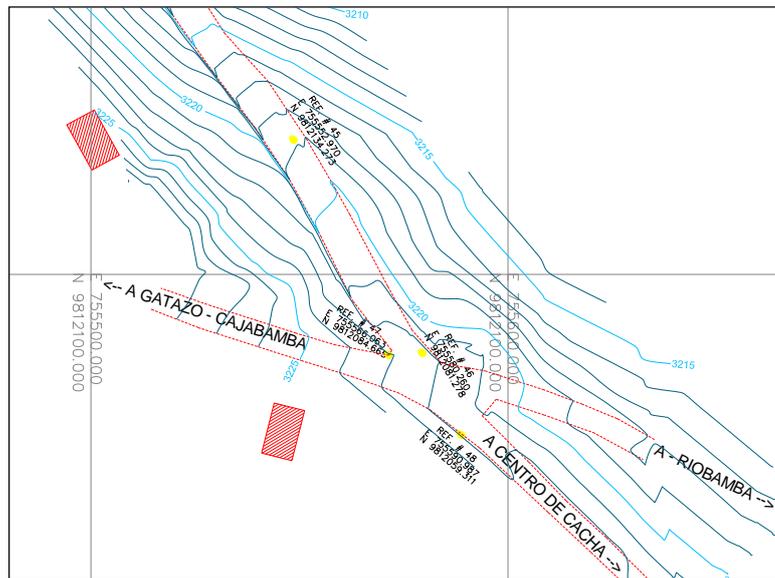


**Figura 9.** Ventana para crear curvas de nivel.

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

5. Manualmente dibujamos la vía existente y colocamos las Casas, Referencias, cruces y coordenadas.

De esta manera se obtiene la topografía detallada de la vía con un ancho de calzada promedio de 7.00 m.<sup>8</sup>



**Figura 10.** Levantamiento topográfico tramo final.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

### c) Trazado Geométrico existente.

Al no obtener datos de diseño en las entidades públicas procedemos a realizar el diseño geométrico del estado actual de la vía en base al levantamiento topográfico utilizando el AutoCAD Civil 3D Land Desktop Versión 2009.

#### ➤ Alineamiento Horizontal.

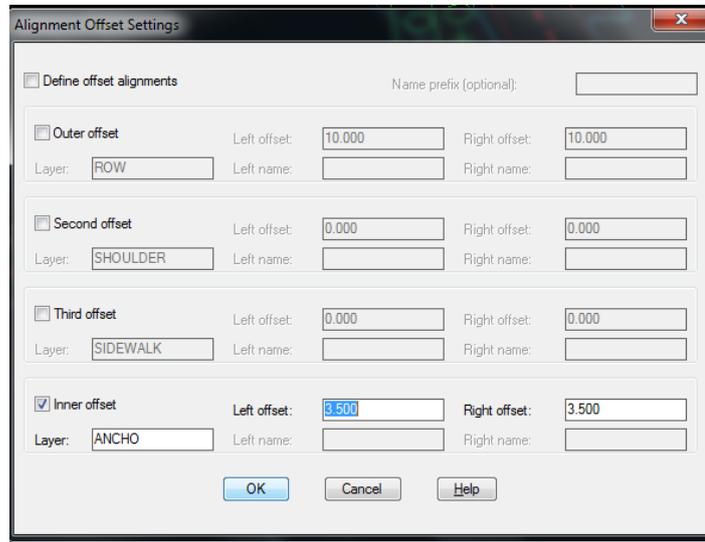
Sobre la topografía en planta procedemos a trazar el proyecto horizontal en el centro de la vía existente, respetando todo tipo de curva y alineamiento para lo cual seguimos el siguiente procedimiento en el Software antes mencionado:

1. Trazamos el eje de la vía utilizando los comandos POLYLINE y FILLET.
2. Una vez trazado el eje definimos como alineamiento horizontal con el comando ALIGNMENTS-Define From Polyline.

<sup>8</sup> Levantamiento Topográfico: PLANOS DE EVALUACIÓN, ANEXOS.

3. Dibujamos el ancho de la vía (3.5 m izquierda y derecha), abscisado y la identificación de las curvas circulares como los PC Y PT, utilizando los siguientes comandos:

Ancho de la vía: ALIGNMENTS-Create Offsets



**Figura 11.** Ventana para crear ancho de vía

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

4. Para la identificación de curvas circulares y abscisado: ALIGNMENTS-Create Station Labels.



**Figura 12.** Ventana para el abscisado y etiquetado de curvas

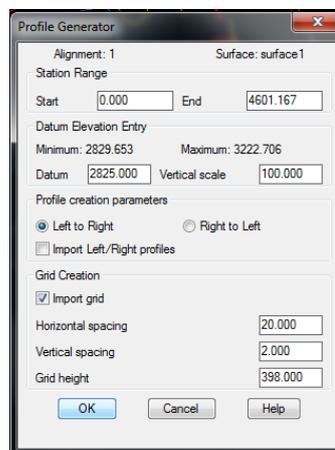
**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

- Finalmente obtenemos los datos<sup>9</sup> del diseño horizontal para posterior ser comparados con las normas de acuerdo al tipo de vía obtenida.

➤ **Alineamiento Vertical.**

Para obtener el diseño del alineamiento vertical procedemos a realizar el perfil longitudinal del alineamiento horizontal utilizando el software antes mencionado siguiendo el siguiente procedimiento:

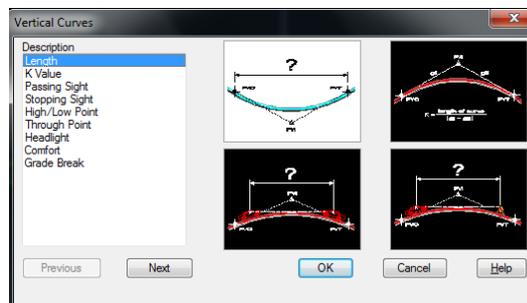
- Seleccionamos la superficie antes definida y seleccionamos el alineamiento horizontal para crear el perfil. Utilizamos el comando PROFILE>Create Profile-Full Profile.



**Figura 13.** Ventana para crear perfiles de alineamientos horizontales.

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

- Una vez construido el perfil Vertical procedemos a trazar las tangentes, siguiendo el terreno natural. Para esto utilizamos los comandos PROFILE-FG Verticals Curves



**Figura 14.** Ventana para crear curvas verticales.

**Fuente:** AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009.

<sup>9</sup> DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL, datos, ANEXOS PLANOS DE EVALUACIÓN.

6. Finalmente obtenemos los datos <sup>10</sup> del alineamiento vertical para posteriormente comparar con las normas.

3. *SE ESTABLECE LOS PROBLEMAS QUE SE RELACIONAN CON EL SISTEMA DE DRENAJE DE LA VÍA.*

**Levantamiento de campo:** una vez realizado el levantamiento de campo se procesa toda la información a un computador.

**Levantamiento Topográfico a detalle:** Será el mismo procedimiento del numeral 2 tomando en cuenta todos los detalles del sistema de drenaje.

4. *SE DETERMINARÁ LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA VÍA.*

Se analizará cada uno de los factores de tráfico vehicular como sus características para lo cual se ha realizado el estudio del tráfico.

#### **a) ANTECEDENTES.**

La vía tiene unas bajas condiciones de operación vehicular a pesar de ser una variante de la vía Riobamba-Cacha esto se debe principalmente por sus características geométricas y condiciones de la rasante.

La zona que atraviesa la vía presenta características montañosas la cual afecta al tráfico ya que permite la circulación solamente de vehículo pequeños en el transcurso de toda la vía.

#### **b) ALCANCE.**

El alcance, consiste en la realización de los estudios de tráfico mediante los conteos manuales, de los vehículos que transitan por la vía en base a una clasificación. También se realizan censos de origen destino en un punto estratégico en la abscisa 0+00. Se ha realizado encuestas domiciliarias de viajes, para determinar el tráfico inducido por la mejora del tráfico.

---

<sup>10</sup> DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL, datos, PLANOS DE EVALUACIÓN, ANEXOS.

El conteo volumétrico y censo de origen y destino se ejecutó durante siete días, empezando en lunes 7 de junio y terminando el martes 13 de Junio, durante 12 horas a partir de las 6h00 de la mañana hasta las 18h00 (Lunes a domingo). Con esto datos se determinará el volumen existente en la zona.

Las encuestas domiciliarias se entregaron a los dirigentes barriales con la debida capacitación y se realizaron desde el martes 8 de Junio hasta el miércoles hasta el jueves 1 de Julio esto para poder determinar la cantidad de personas que poseen vehículos y que viajan actualmente en las comunidades.

Con esto se logrará hacer una proyección a 15 años utilizando las tasas de crecimiento establecidas para la Provincia de Chimborazo.

#### **c) CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.**

Para nuestro caso dentro de su clasificación tenemos:

*Livianos:* Sus características de operación son las de un automóvil, en esta categoría se encuentran las camionetas de dos ejes con tracción sencilla y tracción doble, así como también las camionetas de cajón y camiones livianos de reparto.

*Pesados:* En esta categoría se encuentran los vehículos destinados al transporte de mercadería y carga, poseen uno o más ejes sencillos o de doble llanta, tienen seis o más ruedas y estos pueden ser: volquetas, camiones, remolques y semi remolques.

#### **d) TRÁFICO ACTUAL.**

Tomando en cuenta las disposiciones emitidas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), sugiere que para el estudio de las vías con nuestras características, al tráfico actual se determinará realizando la sumatoria del tráfico existente, desviado e inducido.

- **Tráfico Existente**

El tráfico existente es aquel que se usa en la carretera antes de la rehabilitación y que se obtiene a través de los estudios de tráfico, es decir de los conteos realizados durante 7 días.

**Tabla 1.** Conteo de tráfico manual.

FECHA	Lunes, 7 de Junio del 2010			Martes, 8 de Junio del 2010		
	VEHICULO TIPO		TOTAL	VEHICULO TIPO		TOTAL
	LIVIANOS	PESADOS		LIVIANOS	PESADOS	
6:00 - 8:00	8	0	8	6	0	6
8:00 - 10:00	6	8	14	4	10	14
10:00 - 12:00	2	8	10	4	10	14
12:00 - 14:00	2	0	2	2	0	2
14:00 - 16:00	2	8	10	0	10	10
16:00 - 18:00	8	8	16	4	10	14
<b>Total:</b>	28	32	<b>60</b>	20	40	<b>60</b>
FECHA	Miércoles, 9 de Junio del 2010			Jueves, 10 de Junio del 2010		
	VEHICULO TIPO		TOTAL	VEHICULO TIPO		TOTAL
	LIVIANOS	PESADOS		LIVIANOS	PESADOS	
6:00 - 8:00	6	0	6	4	0	4
8:00 - 10:00	4	6	10	8	6	14
10:00 - 12:00	4	6	10	2	8	10
12:00 - 14:00	2	0	2	4	0	4
14:00 - 16:00	4	6	10	4	6	10
16:00 - 18:00	10	6	16	4	6	10
<b>Total:</b>	30	24	<b>54</b>	26	26	<b>52</b>
FECHA	Viernes, 11 de Junio del 2010			Sábado, 12 de Junio del 2010		
	VEHICULO TIPO		TOTAL	VEHICULO TIPO		TOTAL
	LIVIANOS	PESADOS		LIVIANOS	PESADOS	
6:00 - 8:00	8	0	8	10	0	10
8:00 - 10:00	6	6	12	8	4	12
10:00 - 12:00	2	6	8	6	0	6
12:00 - 14:00	6	0	6	8	0	8
14:00 - 16:00	6	6	12	6	0	6
16:00 - 18:00	10	6	16	10	4	14
<b>Total:</b>	38	24	<b>62</b>	48	8	<b>56</b>
FECHA	Domingo, 13 de Junio del 2010					
	VEHICULO TIPO		TOTAL			
	LIVIANOS	PESADOS				
6:00 - 8:00	6	0	6			
8:00 - 10:00	8	4	12			
10:00 - 12:00	6	0	6			
12:00 - 14:00	2	0	2			
14:00 - 16:00	6	0	6			
16:00 - 18:00	6	0	6			
<b>Total:</b>	34	4	<b>38</b>			

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

Calculamos el tráfico existente que es el promedio de los totales de los de los días de conteo.-

**Tabla 2.** Tráfico existente

<b>NÚMERO DE VEHICULOS PROMEDIO DEL CONTEO</b>		
<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
32	23	55
58.64%	41.36%	100.00%

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**- Tráfico Desviado.**

El Tráfico Desviado está basado en censo de origen y destino realizado durante 7 días, censos que luego del análisis obtenemos:

**Tabla 3.** Totales encuestas origen destino.

<b>TIPO</b>	<b>No.</b>		
AUTOMOVIL	17	LIVIANOS	PESADOS
CAMIONETA	14	50	40
VOLQUETAS	22		
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Dividido para los 7 días	<b>8</b>	Resultado de dividir para los 7 días de censo y para los dos sentidos de la vía.	

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 4.** Tráfico desviado.

<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
4	3	7
57.14%	42.86%	100.00%

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**- Tráfico Inducido.**

El Tráfico inducido es el resultante de mejora en servicio interno, en razón de mejora de calidad de vía y proyección como principal medio de transporte. Para nuestro proyecto nos basaremos en el análisis de las encuestas domiciliarias resultado de nuestra investigación.

**Tabla 5.** Totales encuestas domiciliarias.

<b>TIPO</b>	<b>No.</b>	<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	
AUTOMOVIL	8	11	0	
CAMIONETA	3			
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
Dividido para los 7 días	<b>2</b>	Resultado de dividir para los días de censo y para los dos sentidos de la vía.		

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 6.** Tráfico inducido

<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
1	0	1
100.00%	0.00%	100.00%

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Finalmente calculamos el TPDA ACTUAL, haciendo una sumatoria del tráfico existente, desviado e inducido.

**Tabla 7.** TPDA ACTUAL.

<b>LIVIANOS</b>	<b>PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
37	26	63
59.13%	40.87%	100.00%

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

### e) TRÁFICO FUTURO.

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. El análisis en el presente estudio se basa en una predicción del tráfico a 15 años lo cual nos permite tener las consideraciones del caso, para la realización de los diseños geométricos como para diseñar la estructura del pavimento.

Aplicaremos la fórmula de crecimiento:

$$\text{TPDA Futuro} = \text{TPDA Actual} (1 + i)^n$$

Utilizaremos las tasas de crecimiento, para la provincia de Chimborazo.

**Tabla 8.** Tasas de crecimiento anual de tráfico vehicular.

<b>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE TRAFICO VEHICULAR (%)</b>			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2005-2010	3,87	1,32	3,27
2010-2015	3,44	1,17	2,90
2015-2020	3,10	1,05	2,61
2020-2030	2,82	0,96	2,38

**Fuente:** HCPCH (Consejo Provincial de Chimborazo).

**Tabla 9.** Cálculo del TPDA futuro.

AÑO	% Crecimiento		TRANSITO PROMEDIO DIARIO		
	AUTOS	CAMIONES	TPD TOTAL	AUTOS	CAMIONES C-2G
2,010	3.44%	2.90%	63	37	26
2,011	3.44%	2.90%	65	38	27
2,012	3.44%	2.90%	67	40	28
2,013	3.44%	2.90%	69	41	28
2,014	3.44%	2.90%	72	42	29
2,015	3.44%	2.90%	74	44	30
2,016	3.10%	2.61%	76	45	31
2,017	3.10%	2.61%	78	47	32
2,018	3.10%	2.61%	80	48	32
2,019	3.10%	2.61%	83	50	33
2,020	3.10%	2.61%	90	51	39
2,021	2.82%	2.38%	92	52	40
2,022	2.82%	2.38%	95	54	41
2,023	2.82%	2.38%	97	55	42
2,024	2.82%	2.38%	100	57	43
2,025	2.82%	2.38%	102	59	44

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**TPDA Futuro= 102 veh/día.**

Cálculo tipo:

$$TPDA Futuro = TPDA Actual(1 + i)^n$$

$$TPDA Futuro = 37(1 + 0.0344)^1 + 26(1 + 0.029)^1$$

$$TPDA Futuro = 38 + 27$$

$$TPDA Futuro = 65 \text{ veh/día, para el año 2011.}$$

n= 1, se calcula para periodos de 1 año.

## f) DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE VÍA.

La información que obtenemos a partir de los conteos de tráfico y su proyección futuro es el TPDA, criterios para el diseño de las vías que de acuerdo a las normas de diseño geométrico del MTOP podemos clasificar a las vías de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Clasificación de la vía en función del TPDA futuro.

<b>CLASIFICACIÓN DE VÍA</b>	
<b>EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO</b>	
<b>Clase de carretera</b>	<b>Trafico Proyectado TPDA Futuro</b>
R- I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

Nuestra vía se encuentra dentro del rango de las vías colectoras, pues esta vía tiende a recibir el tráfico de los caminos aledaños en este caso vecinales, y de clase IV por su tráfico promedio diario anual de 100 – 300, por lo que se tomará estas características para el diseño geométrico.

$$\text{VELOCIDAD DE DISEÑO} = 25 \text{ KPH (MONTAÑOSO)}$$

$$\text{VELOCIDAD DE CIRCULACION} = 0.8 V_{d+6.5} = 27 \text{ KPH IV ORDEN}$$

Al ser la vía de IV orden determinamos los valores de diseño recomendados para caminos vecinales emitidas por el Ministerio de Transportes y Obras Publicas (MTOP).

**Tabla 11.** Valores de diseño recomendados para caminos vecinales.

NORMAS	CLASE IV 100 – 300 TPDA(1)		
	ABSOLUTA		
	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)	60	35	25 <sup>9)</sup>
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	110	30	20
Peralte	10 % (Para V < 50 K.P.H.)		
Coeficiente “K” para:			
Curvas verticales convexas (m)	12	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	13	5	3
Gradiente longitudinal máxima (%)	6	8	12
Gradiente longitudinal mínima (%)	0.50%		
Ancho de pavimento (m)	6,00		
Clase de pavimento	D.T.S.B, Capa Granular o Empedrado		
Gradiente transversal para pavimento (%)	2		

LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO

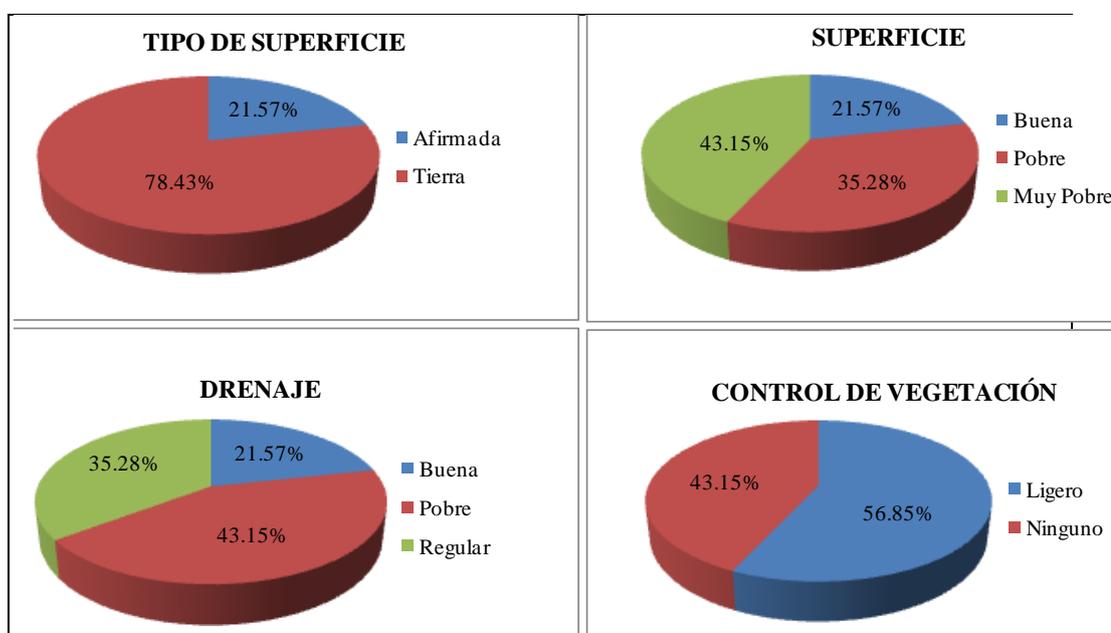
<sup>9)</sup> Para los caminos Clase IV, se podrá utilizar VD = 20 Km/h y R = 15 m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

## V. RESULTADOS

### 5.1 INVENTARIO Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL.

Los factores que se utilizaron por evaluar son: la sección transversal, el sistema de drenaje y la calidad de la capa de rodadura; se utilizaron formatos<sup>11</sup> elaborados para el inventario en tramos de 1 km, obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 15.** Resultados del Inventario Superficial

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

Con el inventario vial, se identificaron la presencia de los correspondientes deterioros de la carretera, incluyendo su infraestructura complementaria. Estos deterioros fueron calificados, según su cantidad y características, en grados leves, moderados o severos.

<sup>11</sup> Formato “INVENTARIO DE CONDICIÓN Y EVALUACIÓN VÍAL”, ANEXOS PLANOS DE EVALUACIÓN.

## 5.2 EVALUACIÓN DE GEOMETRIA DE LA VÍA EXISTENTE.

### a) Evaluación del Diseño Horizontal

Para la evaluación se ha estudiado y analizado los reportes del diseño geométrico horizontal existente y se ha detectado las curvas que no cumplen con la norma.

Recomendaciones del MTOP:

Curvas Circulares Mínimas= 15 m.

Longitud de Curva mínimas= 20 m.

**Tabla 12.** Curvas circulares fuera de norma.

CURVA Nro.	PC	PT	DISEÑO EXISTENTE	
			RADIO m	LONG CURVA m
1	0+016.45	0+021.83	70	5.38
2	0+133.41	0+138.86	100	5.45
3	0+171.69	0+190.04	250	18.36
4	0+227.58	0+237.33	120	9.75
30	2+106.75	2+126.75	6.98	20

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Asiendo el análisis la curva más crítica es la Nro 30, debido a que tiene un radio de 6.98 m la cual se deberá rectificarse.

### b) Evaluación del Diseño Vertical

Para la evaluación se ha estudiado y analizado el inventario del diseño geométrico vertical existente y se ha detectado condiciones que están fuera de norma.

Recomendaciones del MTOP:

Pendientes mínimas = 0.5 %.

Pendientes máximas = 12 %.

**Tabla 13.** PVI fuera de norma.

<b>PVI</b>	<b>ABSCISA</b>	<b>COTA</b>	<b>PENDIENTE VÍA EXIST. (%)</b>
14	0+841.05	2851.97	12,725
17	1+335.17	2876.25	13,778
19	1+579.03	2902.57	14,605
21	1+672.91	2913.52	13,737
23	1+848.56	2933.5	17,583
24	1+942.69	2950.05	11,517
26	2+270.16	2984.8	14,805
32	3+178.85	3087.59	13,248
36	3+345.92	3105.15	14,250
44	4+362.33	3198.94	12,532

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Como podemos analizar la tabla adjunta, existen tramos de la vía actual que sobrepasan la pendiente máxima para vías tipo IV.

### **5.3 DOCUMENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

**Entidades Públicas.-** Para la realización de la presente investigación se ha realizado oficios a entidades públicas locales como: Ilustre Municipalidad del Cantón Riobamba<sup>12</sup>, al Ministerio de Transporte y Obras Públicas<sup>13</sup> y el H. Consejo Provincial de Chimborazo<sup>14</sup>, con el fin de recibir una certificación de que la vía no está y no será intervenida por parte de ellos. Por otra parte se ha investigado de la inexistencia<sup>15</sup> de los estudios de la vía.

### **5.4 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS.**

Se analizarán dos alternativas como mínimo según las normas, de las cuales se harán una comparación para posteriormente realizar los diseños definitivos.

El análisis de las alternativas se hará en base a la curva Nro. 30 del diseño existente que es la más crítica.

<sup>12</sup> I. MUNICIPALIDAD DE RIOBAMBA, Oficio No 348-DOP-2010, ANEXOS.

<sup>13</sup> M.T.O.P, Dirección Provincial de Chimborazo, Certificado, ANEXOS.

<sup>14</sup> H.C.P.CH. Unidad de Vialidad, Oficio No 045-2010-RRG, ANEXOS.

<sup>15</sup> H.C.P.CH. Unidad de Vialidad, Oficio No 071.2010-RRG, ANEXOS.

**a) ALTERNATIVA 1**

En esta alternativa se contempla la afectación de las propiedades del Sr Segundo Morocho y el resto de la vía se mantiene el trazado original. Contemplamos la construcción de cunetas longitudinales en toda la vía, así también la colocación de alcantarillas cada 500 m.

Las pendientes longitudinales se ajustarán a las normas (máximo 12 %).

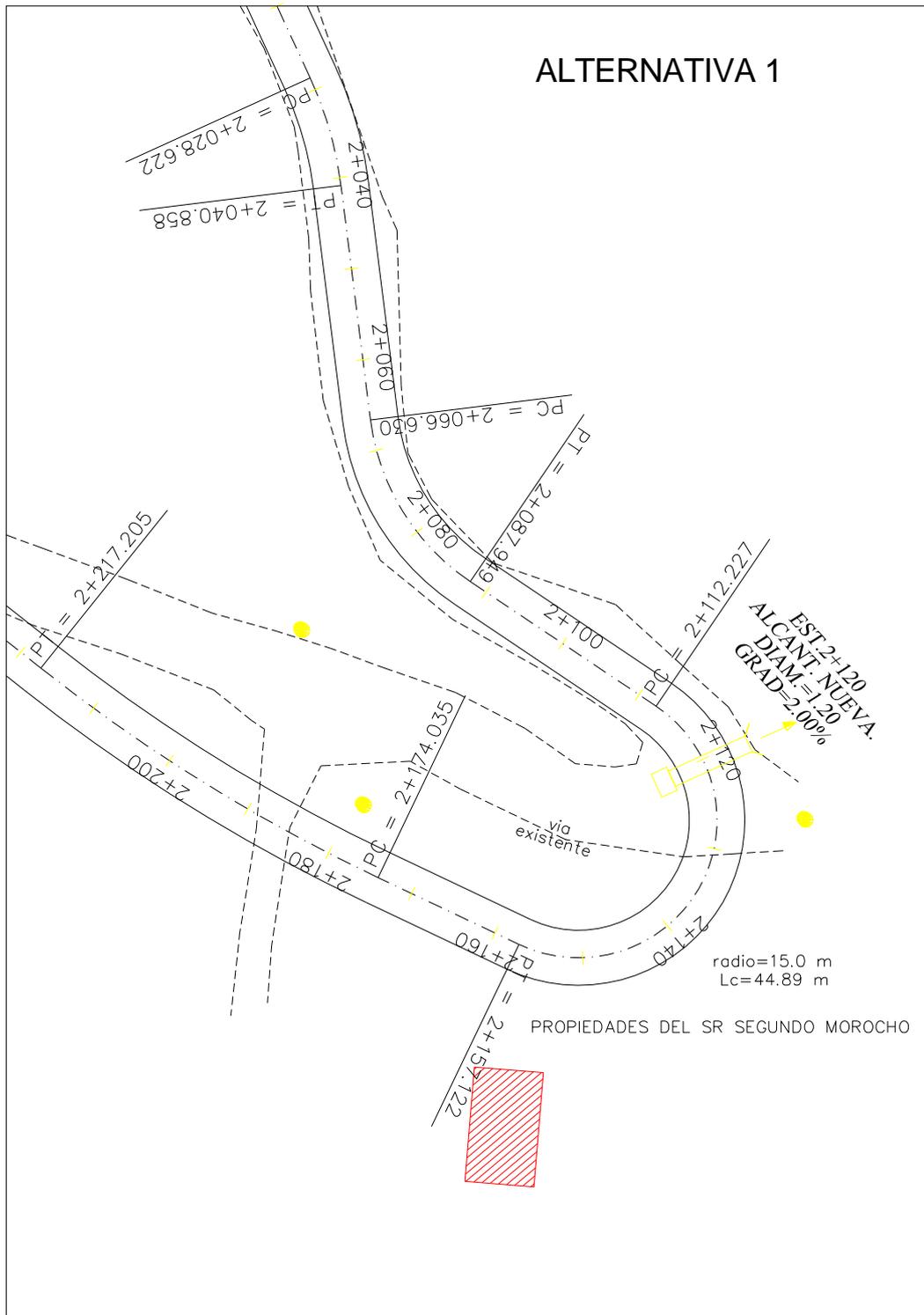
Para lo que se realizó un presupuesto en base a la longitud de 4,630 km.

**Tabla 14.** Presupuesto referencial alternativa 1.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>OBRA BASICA</b>					
302-1	Desbroce y limpieza	Ha	18.52	356.70	6,606.09
303-2(1)	Excavación sin clasificar (en suelo)	m3	20,214.53	1.19	24,055.29
303-2(6)	Desalojo de material de excavación sobrante	m3/km	29,238.84	0.30	8,771.65
<b>CALZADA</b>					
403-1(3)	Subbase Clase 3 inc. Transporte	m3	4,167.00	11.04	46,003.68
405(1)-1	Base Clase 4 inc. Transporte	m3	2,778.00	14.37	39,919.86
405-2(1)	Asfalto RC para imprimación (rta 1.35 lt/m2)	lt	37,503.00	0.58	21,751.74
405-5	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en Planta de 5 cm.	m2	27,780.00	7.00	194,460.00
<b>DRENAJE</b>					
301-3(1)	Remoción estructuras de hormigón	m3	630.00	6.75	4,252.50
307-2(1)	Excavación y relleno para obras de arte menor	m3	837.00	4.09	3,423.33
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 180 kg/cm2	m3	200.00	148.96	29,792.30
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	60.00	155.83	9,349.80
307-3(1)b	Excavación para cunetas laterales	m3	1,530.00	5.98	9,149.42
602-(2A)a	Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,20 m – e=2.5 mm	ml	81.00	344.62	27,914.22
<b>PRE SUPUESTO TOTAL</b>					<b>425,449.88</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

El costo por Km= 94, 544.42 dólares.



**Figura 16.** Alternativa 1  
 Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

**b) ALTERNATIVA 2.**

En esta alternativa no se contempla la afectación de alguna propiedad privada solamente se hará una rectificación de la curva haciendo cumplir con la norma, el resto de la vía se mantiene el trazado original.

Contemplamos la construcción de cunetas longitudinales en toda la vía, así también la colocación de alcantarillas cada 500 m.

Las pendientes longitudinales se ajustarán a las normas (máximo 12 %).

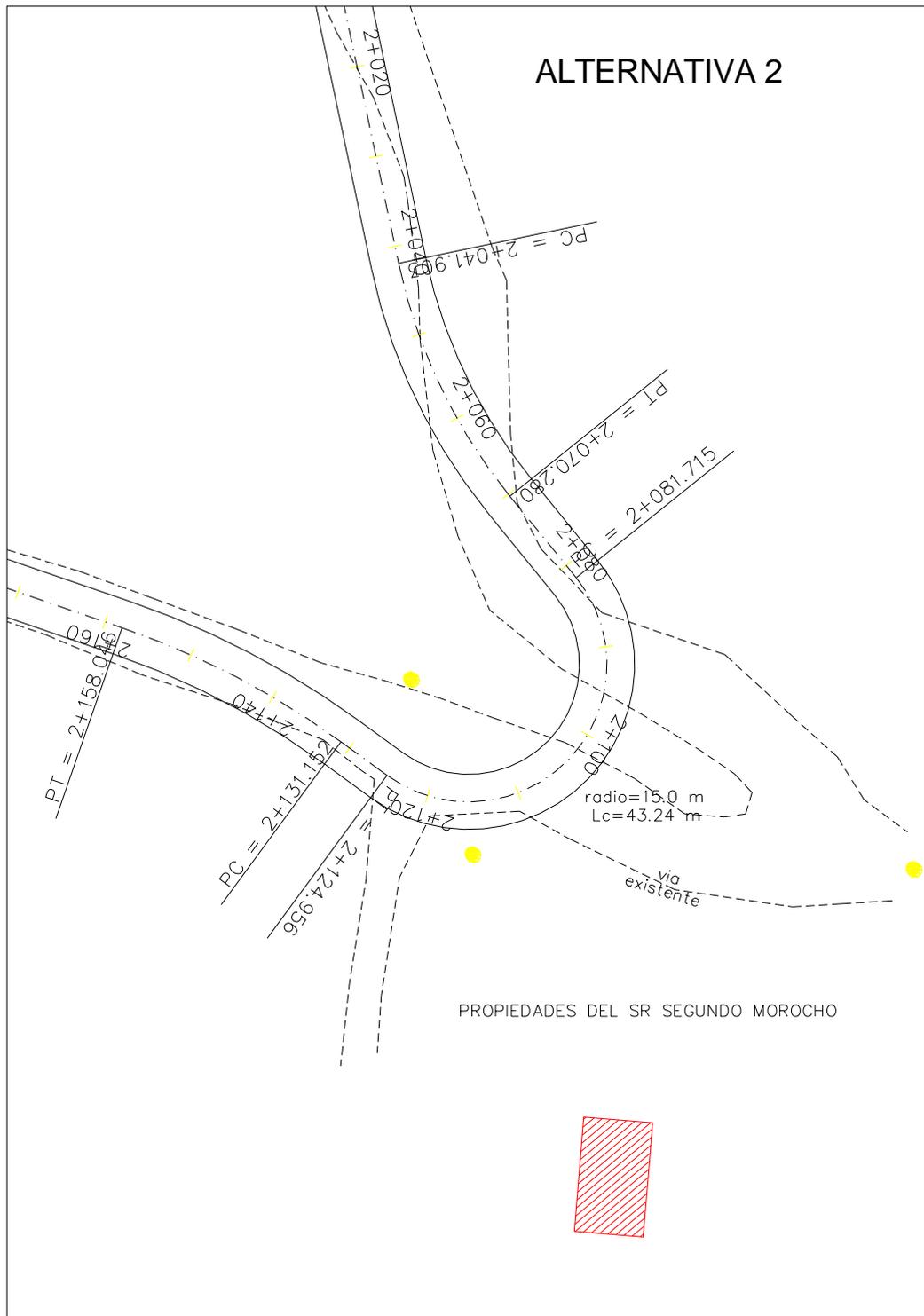
Para lo que se realizó un presupuesto en base a la longitud de 4,560 km.

**Tabla 15.** Presupuesto referencial alternativa 2.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>OBRA BASICA</b>					
302-1	Desbroce y limpieza	Ha	18.24	356.70	6,506.21
303-2(1)	Excavación sin clasificar (en suelo)	m3	157336.47	1.19	187,230.40
303-2(6)	Desalojo de material de excavación sobrante	m3/km	367,678.20	0.30	110,303.46
<b>CALZADA</b>					
403-1(3)	Subbase Clase 3 inc. Transporte	m3	4,104.00	11.04	45,308.16
405(1)-1	Base Clase 4 inc. Transporte	m3	2,736.00	14.37	39,316.32
405-2(1)	Asfalto RC para imprimación (rta 1.35 lt/m2)	lt	36,936.00	0.58	21,422.88
405-5	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en Planta de 5 cm.	m2	27,360.00	7.00	191,520.00
<b>DRENAJE</b>					
301-3(1)	Remoción estructuras de hormigón	m3	630.00	6.75	4,252.50
307-2(1)	Excavación y relleno para obras de arte menor	m3	837.00	4.09	3,423.33
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 180 kg/cm2	m3	200.00	148.96	29,792.30
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	60.00	155.83	9,349.80
307-3(1)b	Excavación para cunetas laterales	m3	1,530.00	5.98	9,149.42
602-(2A)a	Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,20 m – e=2.5 mm	ml	81.00	344.62	27,914.22
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>685,489.00</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

El costo por Km= 152, 330.89 dólares.



**Figura 17.** Alternativa 2  
**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

## VI. DISCUSIÓN.

Para realizar la evaluación de la vía Guallaví-Taucan se tomo en cuenta los factores más importantes que son: la sección transversal, el sistema de drenaje, la calidad de la capa de rodadura y el trazado geométrico. Los tres primeros factores se analizaron superficialmente utilizando formatos de inventario.

Para realizar una evaluación del trazado geométrico como factor principal, primero se debe disponer de un patrón en este caso de las de las Normas de Transporte y Obras Públicas, entidad encargada de regir valores y criterios para el desarrollo de proyectos viales. Para el desarrollo de la evaluación de la vía Guallaví-Taucan se escogió el Software AutoCAD Civil 3D Land Desktop Versión 2009, por las características puntuales que posee en el diseño de vías y topografía, de esta manera se determino una aproximación del trazado actual de la vía es decir los datos del diseño geométrico horizontal y vertical.

Para la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) en vías de dos sentidos de circulación se realizó el conteo diario, encuestas domiciliarias y las encuestas de Origen destino obteniendo así el TPDA futuro a un periodo de años, dato de importancia para la clasificación del tipo de vía. Una vez determinado el TPDA, encontrándose entre 100 a 300 veh/día con una proyección a 15 años se evidenció que es una vía colectora tipo IV con una velocidad de diseño de 25 km/hora.

Con todos los parámetros y características de la vía tipo IV emitida por el MTOP se realizó la comparación con los valores de diseño geométrico reportados por el Software antes mencionado de la siguiente manera:

El trazado horizontal presentan 2 tipos de errores caracterizados por longitudes de curvas pequeñas menores a 20 m y curvaturas cerradas de 6.33 m de radio lo cual limita la circulación de transporte pesado, por la erosión de la plataforma de la vía no existen peraltes ni sobreanchos. El trazado vertical actual de la vía tiene pendientes de hasta el 17% valor que no existe en ningún tipo de vía.

En cuanto al sistema de drenaje se evidenciaron tuberías enterradas transversalmente con diámetros pequeños algunos de ellos en pésimo estado ya que no tienen protecciones a la socavación. En nuestra evaluación nos limitamos únicamente a realizar un inventario de los componentes de drenaje ya que la vía no consta de cunetas de coronación y cunetas laterales elementos que sirven para poder determinar la capacidad de las tuberías de las alcantarillas transversales.

Luego de haber realizado la evaluación en base a las Normas de MTOP, se puede evidenciar que la vía Guallaví – Taucan no se construyó con un estudio técnico, únicamente se evidencia ensanchamientos con maquinaria gestionada por los comuneros.

Finalmente se realizó el estudio de 2 Alternativas de diseño utilizando el software antes mencionado. De manera puntual se puede analizar los volúmenes de corte y relleno ya que son datos reales, siendo estas:

	ALTERNATIVA <b>1</b>	ALTERNATIVA <b>2</b>
Excavación:	20,214.53m <sup>3</sup>	157,336.47m <sup>3</sup>

Como se puede observar existe una diferencia entre las dos alternativas en el rubro de excavación. Por recomendación del Departamento de Vialidad de H. Consejo Provincial de Chimborazo para proyectos de Mejoramiento de vías se debe evitar grandes movimiento de tierra por las siguientes razones:

- Financiamiento.
- Afectación a la propiedad privada.
- Generación de impactos Ambientales severos.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- Se ha realizado la Evaluación de la vía considerando los factores más importantes que son la sección transversal, el sistema de drenaje, la calidad de la capa de rodadura y el trazado geométrico.
- Para la interpretación de la forma del terreno se utilizó la Topografía digital con la utilización de aparatos de última Tecnología, con los cuales se tomaron datos de la zona de influencia incluyendo todos los componentes de la vía.
- Para la evaluación del diseño geométrico se realizó el trazado sobre la vía actual, tanto en el proyecto horizontal y vertical de esta forma se pudo determinar las falencias.
- La vía tiene bajas condiciones de operación vehicular a pesar de ser una variante de la vía Riobamba-Cacha esto se debe principalmente por sus características geométricas y condiciones de la rasante.
- La realización de los estudios de tráfico se determino mediante los conteos manuales, de los vehículos que transitan por la vía en base a una clasificación, así también realizando censos de origen destino para determinar el tráfico desviado y encuestas domiciliarias de viajes, para determinar el tráfico inducido por la mejora del tráfico, de esta manera nuestro TPDA del proyecto es 105 veh/dia.

- La zona que atraviesa la vía presenta características montañosas la cual afecta al tráfico ya que permite la circulación solamente de vehículo pequeños en el transcurso de toda la vía.
- Al encontrarse el TPDA entre 100 – 300 veh/día la vía se clasifica en colector tipo IV con una velocidad de diseño de 25 km/hora.
- En las curvas horizontales 1, 2, 3, 4 la longitud de la curva es menor a 20 m por lo que no cumple con la norma.
- Existe una curva circular simple con un radio de 6.98 m en zona montañosa dificultando la circulación de vehículos pesados.
- En el proyecto vertical existen pendientes que sobrepasan la norma (12%) en los PVI 14, 17, 19, 21, 24 el más crítico el PVI 23 con una pendiente del 17.58%.
- De acuerdo a la evaluación de la vía Guallaví – Taucan se determina que la vía no cumple con las normas vigentes.
- Se ha realizado el estudio de dos alternativas diferentes a nivel de prediseño, obteniendo un presupuesto referencial para la ALTERNATIVA 1 de \$ 94,544.42/kilómetro y \$ 152,330.89/kilómetro correspondiente a la ALTERNATIVA 2.

## **7.2 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda Realizar los diseños definitivos para el mejoramiento de la Vía Guallaví – Taucan aplicando las normas vigentes en el país en base al estudio de la ALTERNATIVA 1.
- Para determinar la viabilidad económica, es necesario realizar una comparación entre los beneficios que va a generar a la sociedad con sus costos, por medio de indicadores económicos que se obtienen del flujo económico del proyecto, como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Se recomienda que en la Cátedra de Ingeniería Vial se capacite en el manejo de Softwares actuales para diseño como el AutoCAD Civil 3D Land Desktop, Vias, Eagle Point, etc.

## **VIII. PROPUESTA**

### **8.1 TITULO DE LA PROPUESTA.**

MEJORAMIENTO DE LA VÍA GUALLAVÍ – TAUCAN DEL CANTÓN RIOBAMBA.

### **8.2 INTRODUCCIÓN.**

Dentro de las inversiones de obras de carácter público, se encuentran incluidos los proyectos viales, siendo estas de importancia ya que permiten el desarrollo de las comunidades fomentando la integración regional y nacional, fortaleciendo la economía, produciendo los máximos beneficios a la colectividad, etc. Es notable que la existencia de vías, influye directamente en el modo de vida de las poblaciones registradas en el área de influencia.

Al efectuar estudios viales este abarca varias áreas de la Ingeniería Civil, como son la Hidráulica, Estructuras, Topografía, Geología, Geotecnia; a más de otras disciplinas como la Política, Sociología, Economía.

El diseño y construcción de carreteras en nuestro país, se realiza de acuerdo a normas y especificaciones emitidas por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO), las cuales recomiendan guías y valores tanto en el diseño, construcción y mantenimiento de un proyecto vial.

### **8.3 OBJETIVOS**

#### **a. GENERAL**

Proveer el diseño para el mejoramiento de la vía Guallaví – Taucan del Cantón Riobamba aplicando normas vigentes en el país.

#### **b. ESPECÍFICOS**

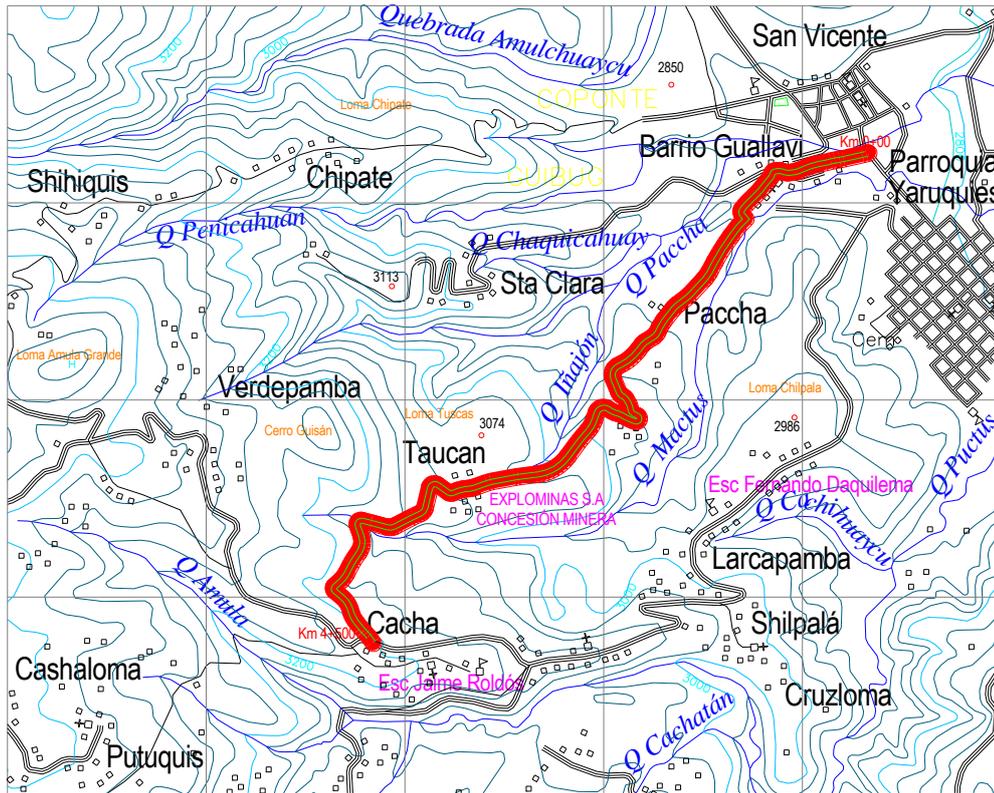
- Realizar el diseño Geométrico de la vía en base a las normas vigentes en el país que aseguren comodidad y seguridad al usuario.
- Realizar el diseño del sistema de drenaje de la vía que asegure la protección de la capa de rodadura.
- Determinar la estructura de pavimento flexible que soporte la carga de tráfico proyectado a 15 años.
- Realizar el análisis económico que permita establecer la factibilidad de la propuesta.

### **8.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA-TÉCNICA Y DESARROLLO.**

#### **8.4.1 DATOS GENERALES.**

##### **8.4.1.1 UBICACIÓN.**

La vía Guallaví - Taucan es parte de la red interparroquial del Cantón Riobamba provincia de Chimborazo, tiene una distancia de 4.630 km. Comienza en El Barrio Guallaví en la vía Yaruquies-San Vicente con las coordenadas N=9814254.00, E=758340.00, C=2830 m.s.n.m, pasando por la comunidad de Taucan hasta llegar a la vía Riobamba – Cacha, Parroquia de Cacha Centro con las coordenadas N=9812082.00, E=755580.00, C=3222m.s.n.m.

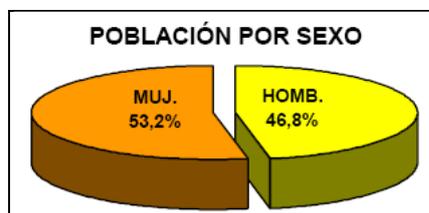


**Figura 18.** Ubicación de la vía Guallaví-Taucan.

**Fuente:** Cartografía de la Provincia de Chimborazo, 1954.

#### 8.4.1.2 POBLACIÓN.

La población del cantón Riobamba según el censo realizado en el año 2001, por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo (INEC), es de 102.796 habitantes, en la parte rural 36 879 habitantes y 65 917 habitantes en el área urbana.



**Figura 19.** Población por sexo del Cantón Riobamba.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

La tasa de crecimiento anual de la población del Cantón Riobamba corresponde a un valor de 1.50%.

Además se recopiló la información de la población beneficiaria directa.

**Tabla 16.** Población Barrio Guallaví.

<b>BARRIO GUALLAVI</b>			
<b>AREA # 060150010</b>			
<b>GRUPOS DE EDAD</b>	<b>SEXO</b>		<b>Total</b>
	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	
1. Menor de 1 año	-	5	5
2. De 1 a 4 años	12	8	20
3. De 5 a 9 años	13	12	25
4. De 10 a 14 años	8	13	21
5. De 15 a 19 años	8	14	22
6. De 20 a 24 años	6	16	22
7. De 25 a 29 años	7	11	18
8. De 30 a 34 años	7	6	13
9. De 35 a 39 años	3	4	7
10. De 40 a 44 años	9	6	15
11. De 45 a 49 años	1	2	3
12. De 50 a 54 años	-	6	6
13. De 55 a 59 años	1	3	4
14. De 60 a 64 años	1	4	5
15. De 65 a 69 años	5	2	7
16. De 70 a 74 años	-	1	1
17. De 75 a 79 años	2	2	4
18. De 80 a 84 años	-	4	4
19. De 85 a 89 años	2	1	3
<b>Total</b>	<b>85</b>	<b>120</b>	<b>205</b>

**Fuente:** INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

**Tabla 17.** Población Comunidad Taucán.

<b>COMUNIDAD TAUCAN</b>			
<b>AREA # 060150048</b>			
<b>GRUPOS DE EDAD</b>	<b>SEXO</b>		<b>Total</b>
	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	
1. Menor de 1 año	-	1	1
2. De 1 a 4 años	-	3	3
3. De 5 a 9 años	5	4	9
4. De 10 a 14 años	2	5	7
5. De 15 a 19 años	3	3	6
6. De 20 a 24 años	3	-	3
7. De 25 a 29 años	2	1	3
8. De 30 a 34 años	-	2	2
9. De 35 a 39 años	2	1	3
10. De 40 a 44 años	1	1	2
11. De 45 a 49 años	1	-	1
12. De 50 a 54 años	1	1	2
13. De 55 a 59 años	-	1	1
14. De 60 a 64 años	1	2	3
15. De 65 a 69 años	1	-	1
16. De 70 a 74 años	2	-	2
17. De 75 a 79 años	-	1	1
19. De 85 a 89 años	-	1	1
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>51</b>

**Fuente:** INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

**Tabla 18.** Población Comunidad Parroquia Cacha.

PARROQUIA CACHA			
AREA # 060151			
GRUPOS DE EDAD	SEXO		Total
	Hombre	Mujer	
1. Menor de 1 año	19	35	54
2. De 1 a 4 años	169	164	333
3. De 5 a 9 años	229	251	480
4. De 10 a 14 años	247	272	519
5. De 15 a 19 años	154	219	373
6. De 20 a 24 años	67	110	177
7. De 25 a 29 años	44	76	120
8. De 30 a 34 años	53	78	131
9. De 35 a 39 años	77	87	164
10. De 40 a 44 años	82	117	199
11. De 45 a 49 años	76	103	179
12. De 50 a 54 años	104	106	210
13. De 55 a 59 años	76	108	184
14. De 60 a 64 años	63	108	171
15. De 65 a 69 años	71	93	164
16. De 70 a 74 años	47	71	118
17. De 75 a 79 años	45	40	85
18. De 80 a 84 años	26	30	56
19. De 85 a 89 años	7	19	26
20. De 90 a 94 años	2	9	11
21. De 95 y mas	4	5	9
<b>Total</b>	<b>1 662</b>	<b>2 101</b>	<b>3 763</b>

Fuente: INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

### 8.4.1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA, PRODUCCIÓN.

Las principales actividades económicas de la zona son la agricultura, ganadería y minería.

**Agricultura.-** En la zona se dedican al cultivo tecnificado de tomate, frutilla, maíz.



**Figura 20.** Producción agrícola de la zona

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Ganadería.-** En toda la zona de influencia se dedican a la crianza y comercialización de ganado ovino, lanar y porcino.

**Minería.-** En el sector de Taucan se encuentra ubicado la Concesión minera EXPLOMINAS S.A, dedicada a la explotación y transporte del material Feldespato hacia la fábrica de cerámica ECUACERÁMICA, ubicada en la ciudad de Riobamba.



**Figura 21.** Actividad Minera

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Además determinado grupo de habitantes ante la falta de empleo ha migrado a la ciudad de Riobamba para realizar actividades como: de construcción, domésticas, para de esta manera poder mejorar sus ingresos y tener una mejor calidad de vida.

#### **8.4.1.4 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS.**

Nos centraremos al análisis de las comunidades ubicadas en el trayecto de la vía los cuales disponen de los servicios básicos como agua entubada, letrinas, energía eléctrica, telefonía móvil y fija.

#### **8.4.2 GEOLOGÍA.**

En el sector de Guallaví aparecen terrazas de material conglomerático<sup>16</sup>, con potencia superior a 30 m, estratificados horizontalmente y sorteados. Junto a las quebradas se presentan terrazas junto a los taludes.

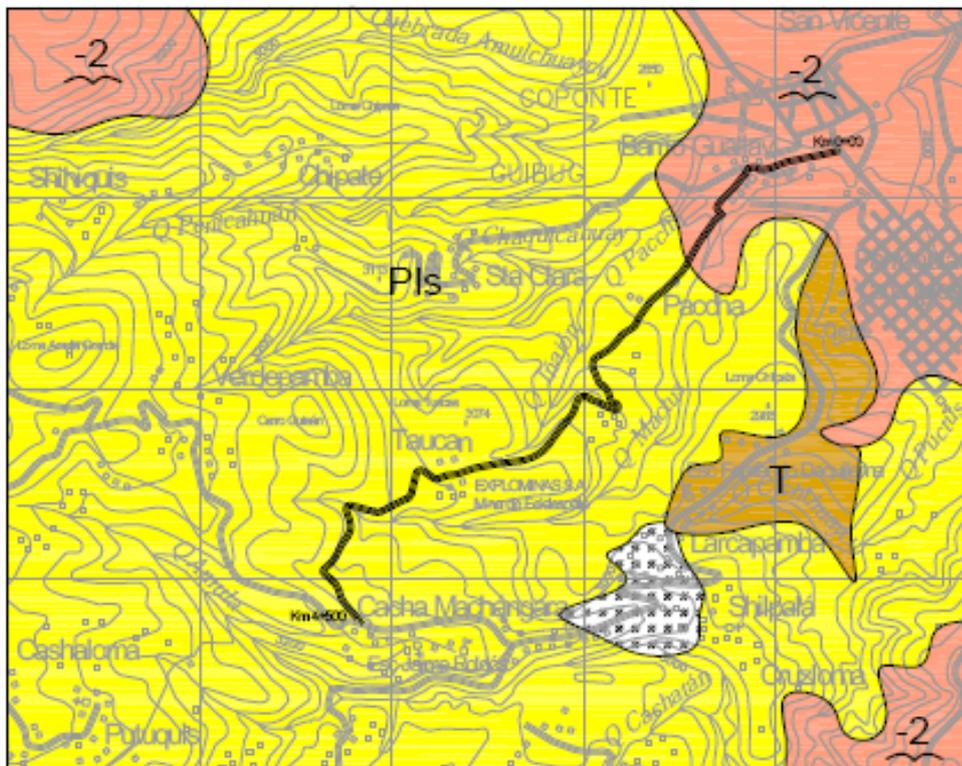
---

<sup>16</sup> Tomado de la Hoja 70 “Mapa Geológico de Riobamba”, escala 1:10000.

Se observan dos niveles de terrazas, todas ellas cubiertas de cangagua y en la actualidad utilizados para cultivos. Estas terrazas están formados en sus bases por gravas que alternan con capas de material laharítico y tobas, dispuestas casi horizontalmente. Existen aluviales en baja cantidad en la quebrada Mactus.

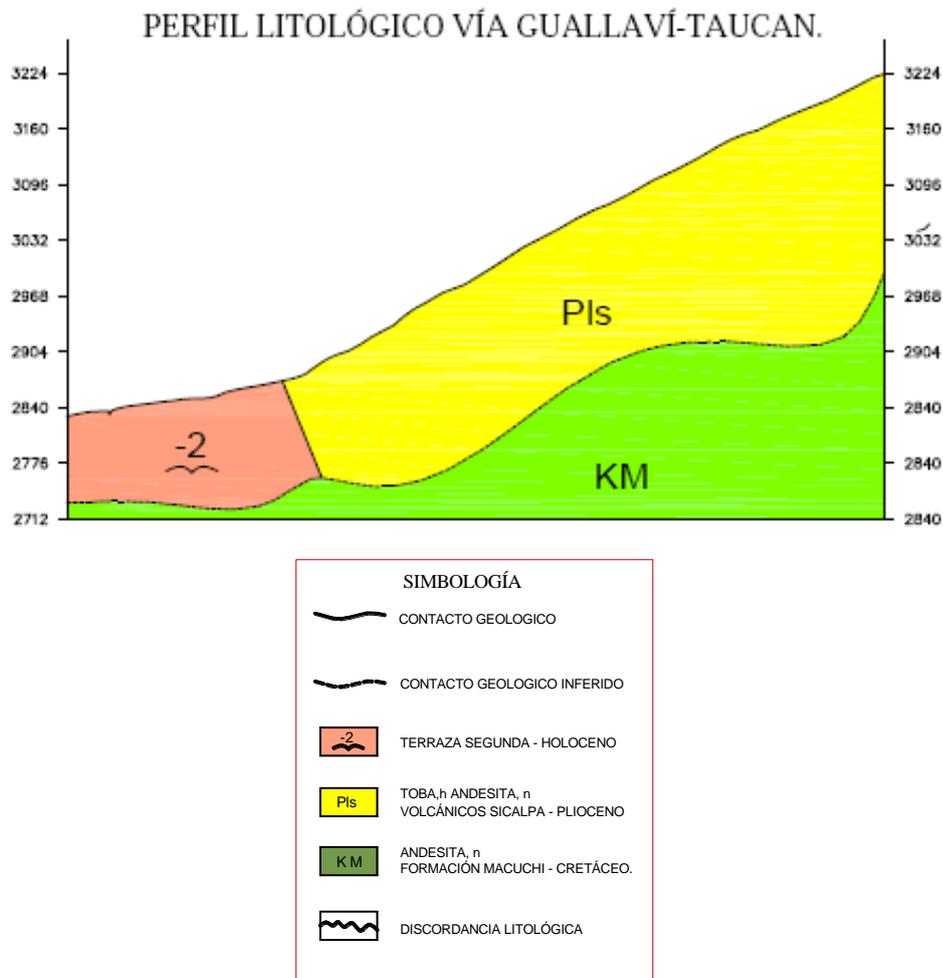
Volcánicos Sicalpa: Se presenta constituida por tobas en la parte de topografía suave, y por aglomerados en la parte alta. Estas rocas constituyen facies similares al volcanismo pleistocénico, cuyos centros se encuentran en la parte central de la zona.

Las tobas son de grano fino con presencia de algunos clastos de tamaño medio. Por la coloración varían desde tobas claras blanquecinas hasta grises. Los aglomerados por su composición son intermedios y ácidos y los clastos varían por sus dimensiones, predominando los de 10 a 15 cm. En ciertos lugares entre los aglomerados se presentan corrientes de lavas andesíticas.



**Figura 22.** Geología del área de influencia

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.



**Figura 23.** Perfil Litológico Vía Guallaví-Taucán.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

### 8.4.3 ESTUDIO DE SUELOS.

#### 8.4.3.1 ALCANCE.

El estudio de suelos para la vía comprende la determinación de parámetros de diseño del pavimento, valores de CBR.

Los ensayos únicamente se realizaron para la obtención de los CBR de la subrasante, mientras que los ensayos que se requiere de la mina fueron facilitados por el Sr. Fernando Orozco, Jefe del Laboratorio de Geotecnia del Ministerio de Transporte y Obras Publicas-Regional de Chimborazo ubicada en la ciudad de Riobamba.

#### **8.4.3.2 MUESTREO.**

El estudio de suelos debe ser realizado en dos etapas:

a) *Trabajos de campo:* Toma de muestras.

Al existir la vía se ha procedido a realizar calicatas en el eje de la vía cada 500 m de 1.0x1.0 m a una profundidad de 1m y tomar muestras. Se realizó la exploración de toda la zona con el objetivo de encontrar posibles minas sin encontrar evidencias de materiales.



**Figura 24.** Excavación de Calicatas.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Posteriormente las muestras han sido trasladadas al Laboratorio de Geotecnia del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para realizar los ensayos.

b) *Trabajo de laboratorio:* Ensayos.

Comprende los ensayos de laboratorio necesarios para determinar los parámetros que se necesita para el diseño de la estructura de pavimento.

#### **8.4.3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO.**

Los ensayos realizados en el laboratorio se describen a continuación.

- Determinación de contenido de humedad, en todas las muestras obtenidas.



**Figura 25.** Toma de muestras.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- Ensayos de compactación Proctor Estandar, determinando la relación humedad-densidad de los suelos.



**Figura 26.** Medición del Esponjamiento.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- Determinación del C.B.R (California Bearing Ratio).



**Figura 27.** Ensayo Marshall.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**a) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

**MOP: INEN co-09-02-303.**

**1) Aparatos, accesorios o materiales necesarios.**

- ✓ Balanza (0.01 gr. De sensibilidad.
- ✓ Cocineta.
- ✓ Tarros de humedad.

**2) Muestras.**

Son muestras obtenidas de las calicatas realizadas en la subrasante de la vía.

**3) Procedimiento.**

- ✓ Pesar los tarros de humedad secos y limpios.
- ✓ Colocar los suelos en los tarros llenando las tres cuartas partes de su capacidad total y pesarlos en la balanza.
- ✓ La muestra en los tarros se lleva a la cocineta y se deja secar el tiempo necesario.
- ✓ Se determina el peso seco de la muestra.

**4) Cálculos.**

Se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ hum} = \frac{(W1 - W2) * 100}{W2 - Wc}$$

Donde:

% hum = Contenido de agua.

W1 = Peso del recipiente más suelo húmedo.

W2 = Peso del recipiente más suelo seco.

Wc = Peso del recipiente.

Cálculo del contenido de humedad para la calicata Nro 01, absc 0+000:

$$\% \text{ hum} = \frac{(122.74 - 105.94) * 100}{105.94 - 27.80}$$

$$\% \text{ hum} = 21.50$$

## **b) ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR ESTANDAR.**

**ASTM: D 698.**

### **1) Objetivo:**

- ✓ Determinar la interrelación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos cuando son compactados en un molde de un tamaño dado con un pistón de 5.50 libras cayendo desde una altura de 12 pulgadas.

### **2) Aparatos, accesorios o materiales necesarios.**

- ✓ Moldes: de forma cilíndrica de pared sólida, fabricados de metal que tiene un diámetro de 4 pulgadas un peso de 4224 gramos y una capacidad de 921 cm<sup>3</sup>.
- ✓ Pistón: Operado manualmente, es metálico que tiene un peso de 5.50 libras.
- ✓ Balanza: La misma tiene una capacidad de 11.5 kg y una sensibilidad de 5 gramos y una balanza de 1000 gramos de capacidad con sensibilidad de lectura de 0.1 gramo.
- ✓ Cocineta.
- ✓ Enrazador: Regla de acero de 10 pulgadas de largo con bordes biselado.

### **3) Procedimiento.**

- ✓ Una vez tomado la muestra desde la calicata aproximadamente 25 kg se transporta al laboratorio en lonas de plástico y se tiende en recipientes de lata y posteriormente se pasa por el tamiz No 4.
- ✓ Mezclar con un 10% de humedad, si la humedad es menor o igual al 10% no es necesario secar al sol, se pesa el molde y se determina su volumen.
- ✓ Compactar el suelo en tres capas con 25 golpes cada una, dejando caer el martillo libremente y en diferentes puntos, la última capa compactada debe sobrepasar aproximadamente ½" hacia arriba de la unión del molde con el collar, para poder enrasar el suelo en el molde al quitar el collar.
- ✓ Pesar el suelo más el molde compactado y tomar muestras para la determinación de la humedad.

- ✓ Se repite el procedimiento anterior añadiendo una cantidad de agua que represente un incremento del 3 o 4% de humedad. Se realizaron tres ensayos para poder graficar la curva de compactación.
- ✓ Los resultados obtenidos en cada uno de los tres ensayos se representan en un sistema de coordenadas con el % de humedad en las abscisas y la densidad seca en las ordenadas. La humedad óptima y la máxima densidad son la humedad y la densidad seca correspondiente al punto más elevado.

#### 4) Cálculos.

La densidad seca se calcula con la siguiente expresión:

$$D_s = \frac{D_h}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

$D_s$  = densidad seca.

$D_h$  = densidad húmeda.

$w$  = Contenido de humedad en porcentaje.

Cálculo de humedad y densidades, calicata 1-abs 0+000.

- Densidad húmeda:

$$D_h = \frac{M}{V} = \frac{1594}{921} * 1000 = 1731 \text{ kg/m}^3.$$

- Densidad Seca:

$$D_s = \frac{1731}{1 + \frac{16.52}{100}} = 1485 \text{ kg/m}^3.$$

Los cálculos y tablas de las otras calicatas se calculan de manera similar.

#### c) DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL C.B.R.

##### ASTM: D 4429.93.

- 1) **Objeto:** Este ensayo trata de simular en el laboratorio el comportamiento de la subrasante como estructura del pavimento, y mide la resistencia del suelo a la penetración de un pistón estandarizado dentro de la masa compactada.

**2) Ensayos requeridos:**

- ✓ Compactación de suelos método proctor estándar.
- ✓ Determinación de humedad natural del suelo.
- ✓ Ensayo CBR de laboratorio.

**3) Equipo:**

- ✓ Equipo CBR, cuadrante medidor de deformaciones, balde, masa de compactar, horno, recipientes de humedad, balanza de resortes, balanza de tres escalas, regla metálica, cajas de metal, herramientas para mezclar, rodillo, cuchillo cronómetro.

**4) Procedimiento:**

- ✓ Realizar el ensayo de compactación con el método proctor estándar para las muestras de suelo.
- ✓ Colocar los moldes con el suelo compactado dentro del tanque de agua para este efecto, durante 4 días con el objeto de saturar totalmente la muestra.
- ✓ Al cabo de ese tiempo se ejecuta el ensayo CBR en la máquina correspondiente.
- ✓ Se colocan pesas de sobrecarga sobre la muestra que equivale al peso del afirmado que descansará sobre la subrasante.
- ✓ Colocar la muestra con el molde en la máquina para CBR y centrar de manera que el pistón esté alineado con el agujero de la prensa, encerar el cronómetro y el dial de medida.
- ✓ Empezar el ensayo aplicando la carga mediante la manivela de la máquina a razón de 0.5" por cada minuto aproximadamente. Esta velocidad de penetración se debe controlar utilizando el cronómetro. El tiempo de duración del ensayo es de 10 minutos.
- ✓ Al cabo de este tiempo se retira la carga y se toman muestras para determinación de humedad.
- ✓ Repetir el procedimiento anterior para las 9 muestras que estamos estudiando.
- ✓ Graficar la curva carga-penetración. Corregir las respectivas curvas si el caso lo requiere y calcular el valor de CBR.

## 5) Cálculos:

El valor de carga está en unidades de presión (lb/plg<sup>2</sup>), estos valores se calculan multiplicando la constante de calibración del aparato por cada uno de los valores de penetración en pulgadas, y dividiendo para el área del pistón.

La correlación de las curvas se realiza colocando una asíntota en la inflexión inferior y se corta el eje de las abscisas donde está la escala de penetración, se mide a continuación 0.1” a la derecha y en este punto leemos el valor que corresponde a la carga, este es el valor que nos sirve para el cálculo del CBR.

Calculamos el valor de CBR mediante dividir el valor obtenido de la corrección para el valor CBR estándar que corresponde a 0.1”.

Con los procedimientos y tabulaciones descritos tenemos los datos<sup>17</sup> necesarios para el diseño del pavimento.

## 8.4.4 DISEÑO GEOMÉTRICO.

### 8.4.4.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.

Se ha tratado de escoger el tipo de vía adecuado según el tráfico futuro (TPDA), obteniendo así una vía de cuarto orden (absoluta – montañosa).

Las normas de diseño abarcan los siguientes parámetros:

- Valores básicos de diseño.<sup>18</sup>
- Alineamiento Horizontal.
- Alineamiento Vertical.
- Sección Típica.

---

<sup>17</sup> ESTUDIO DE SUELOS - RESULTADOS, ANEXOS.

<sup>18</sup> Referirse a los Valores de diseño recomendados para caminos vecinales, Pág. 30.

#### 8.4.4.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.<sup>19</sup>

Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los componentes que integran esta proyección son las tangentes y las curvas circulares.

##### a. TANGENTES.

Cuando se presenta condiciones críticas en el diseño geométrico para unir curvas horizontales consecutivas, es necesario introducir entre ellas una tangente intermedia con una longitud mínima, permitiendo adaptar el proyecto a las condiciones topográficas en la zona y condiciones de seguridad para que el vehículo que termina de circular en una curva se estabilice totalmente antes de entrar a la siguiente curva. La longitud de esta tangente es de 2 a 3 veces la longitud del vehículo tipo, en nuestro caso es de 20.00 metros.

##### b. CURVAS CIRCULARES.

###### - Radio mínimo de la curvatura horizontal

Es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño, se obtiene de la siguiente expresión:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad f + 0.000626V - 0.19 = 0$$

Donde:

V: velocidad de diseño (K.P.H).

e: peralte máximo.

f: coeficiente de fricción transversal.

Para nuestro caso:

$$f = 0.19 - 0.000626(25) = 0.174$$

$$R_{min} = \frac{(25)^2}{127(0.10 + 0.174)} = 17.96 \approx 18 \text{ m}$$

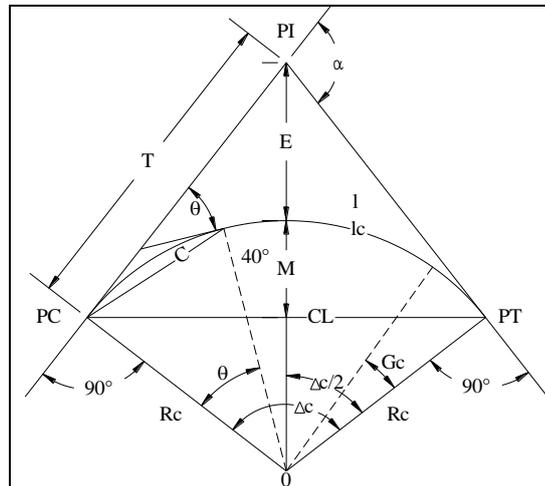
---

<sup>19</sup> Planos: DISEÑOS DEFINITIVOS, ANEXOS

Las curvas No 29 y 51 tienen radios de 15 m sugerido por la Norma<sup>20</sup>, de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ La topografía del terreno es montañosa escarpada.
- ✓ En los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos.

Para las curvas circulares determinamos los siguientes elementos:



**Figura 28.** Elementos de la curva circular simple.

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

PC: Principio de Curva.

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.

PT: Principio de Tangente.

$\alpha$ : Ángulo de deflexión de las tangentes.

$\Delta c$ : Ángulo central de la curva circular.

$\theta$ : Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular.

RC: Radio de la curva circular.

T: Tangente de la curva circular o subtangente.

E: External.

M: Ordenada media.

C: Cuerda.

CL: Cuerda larga.

l: Longitud de un arco.

lc: Longitud de la curva circular.

<sup>20</sup> Normas de diseño geométrico de carreteras y caminos vecinales, (2003). ANEXO 2-R.

**Angulo central ( $\alpha$ ):** Es el ángulo formado por la curva circular.

**Longitud de la curva ( $l_c$ ):** Es la longitud del arco entre el PC y el PT.

$$l_c = \frac{\pi R_C \alpha}{180}$$

**Tangente de curva o subtangente (T):** Es la distancia entre el PI y el PC ó entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes.

$$T = R_C \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

**External (E):** Es la distancia mínima entre el PI y la curva, la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = R_C \left( \frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right)$$

**Ordenada Media (M):** Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Su fórmula de cálculo es:

$$M = Ord - Med = 2R_C \left( 1 - \frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right)$$

**Deflexión en un punto cualquiera de la curva ( $\theta$ ):** Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\theta = \frac{G_C l}{20}$$

**Cuerda (C):** Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva, se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = 2R_C \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

**Cuerda Larga (CL):** Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama cuerda larga.

$$CL = 2R_C \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

**Angulo de la cuerda ( $\phi$ ):** Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente de la vía y la curva, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{\theta}{2} = \frac{G_C l}{40}$$

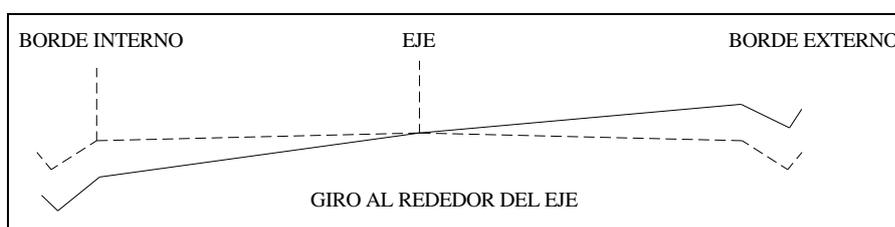
### c. DESARROLLO DEL PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN.

El desarrollo o transición del peralte se efectúa con una curva de enlace, que regule la trayectoria del vehículo durante su recorrido en la transición, o sin curva de enlace, dependiendo de dos factores que son: El valor del radio de la curva que se peralta y la comodidad del recorrido vehicular para realizar el peraltado de las curvas y la transición del peralte; existen tres métodos:

- A. Haciendo girar la calzada alrededor de su eje.
- B. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior.
- C. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

El método seleccionado para nuestro proyecto es el A (Haciendo girar la calzada alrededor de su eje), considerando los siguientes criterios:

- De acuerdo a la topografía montañosa.
- Las facilidades del drenaje.
- Valores de radios de curvatura.



**Figura 29.** Giro de peralte alrededor del eje.

**Elaborados por:** Edin H. Quinzo C.

En función de estas consideraciones, el cálculo de la longitud total del desarrollo del peralte se lo realiza de la siguiente manera:

- 1) Se calcula el valor de la sobreelevación que produce el peralte “e”

$$h = e * b$$

Donde:

e = Peralte, %.

b = Ancho de la calzada, m.

Para nuestro caso:

$$h = e * b = 8\% * 6.0 \text{ m}$$

- 2) Se calcula la longitud “L” de desarrollo del peralte en función de la gradiente de borde “i”, cuyo valor se obtiene en función de la velocidad de diseño y se representa en la siguiente tabla:

**Tabla 19.** Gradiente longitudinal (i).

$V_D$ (km/h)	Valor de (i), %	Máxima Pendiente Equivalente
25	0,775	0.13125

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

$$L = \frac{h}{2 * i} = \frac{e * b}{2 * i}$$

$$L = \frac{8\% * 6.0 \text{ m}}{2 * 0.775\%} = 30.97 \text{ m} \approx 31.00 \text{ m}.$$

- 3) Se establece la relación entre “L” y “Lc’ y se asume como longitud de la transición el valor que sea mayor, de los dos.
- 4) Se calcula la longitud de la transición del bombeo, en la sección normal, para lo cual se determina la diferencia de nivel del eje al borde de la vía:

$$S = \frac{b * P}{2}$$

Donde:

S = Diferencia de nivel de eje al borde de la vía, en metros.

P = Pendiente transversal del camino, %.

b = Ancho de la calzada, m.

- 5) Se establece a continuación la longitud necesaria, dentro de la tangente, para realizar el giro del plano del carril exterior hasta colocarlo a nivel con la horizontal.

$$X = \frac{S}{i} = \frac{b * p}{2 * i} = \frac{6.0 \text{ m} * 2\%}{2 * 0.775\%} = 7.74 \text{ m} \approx 8.0 \text{ m}$$

- 6) Finalmente se establece la longitud total de transición.

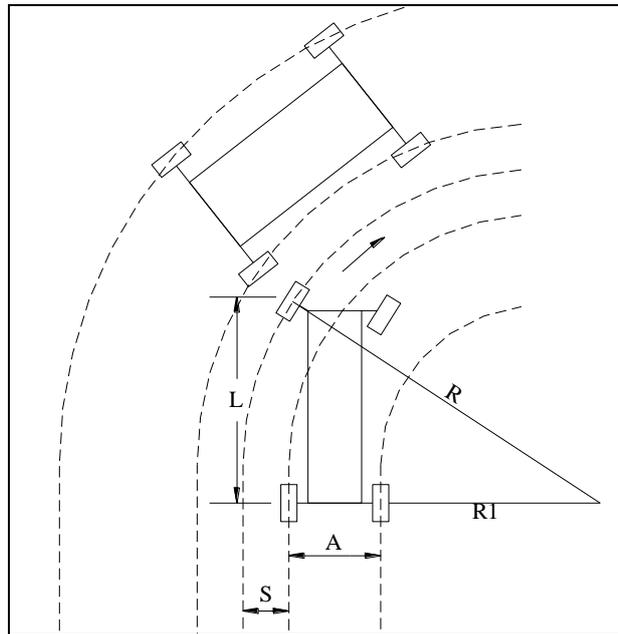
$$L_T = L + X = 31.0 \text{ m} + 8.0 \text{ m} = 39.0 \text{ m}.$$

El peralte puede desarrollarse la mitad (0.5 L) en la recta y la mitad en curva circular.

#### d. EL SOBREANCHO EN LAS CURVAS.

Se calcula este ancho adicional en las curvas horizontales con el objetivo de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad.

El sobreancho sirve también para salvaguardar la posición esviada del borde delantero externo de la carrocería, a más de mejorar las condiciones de operación vehicular.



**Figura 30.** Esquema para determinar el sobreancho de un carril.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

$$R1 + A = \sqrt{R^2 - L^2}; R1 + A = R - S$$

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

R= Radio de la curva, m

A= Ancho del vehículo, m

S= sobreancho, m

V= Velocidad de diseño, Km/h

n = Número de carriles

Barnet introduce un término de seguridad en el que interviene la velocidad.

$$S1 = \frac{0.105V}{\sqrt{R}}$$

Considerando la influencia de la velocidad de tránsito y para diferentes números de carriles se utiliza la siguiente fórmula empírica:

$$S = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

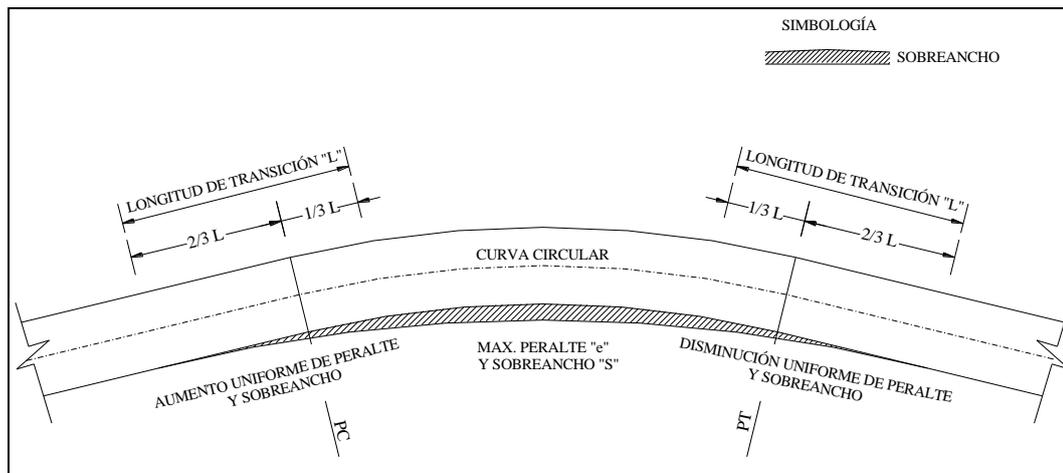
S = Valor de sobreebanco, m.

n = Número de carriles de la calzada.

R = Radio de la curva circular, metros.

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, m.

V = Velocidad de diseño, Km/hora.



**Figura 31.** Transición de peralte y sobreebanco.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

El sobreebanco se reparte en las curvas circulares en el borde interno del pavimento y debe realizarse progresivamente a lo largo de la longitud de desarrollo del peralte, esto es,  $2/3$  en la tangente y  $1/3$  dentro de la curva.

De acuerdo a la fórmula descrita se ha elaborado una tabla de resumen del cálculo de sobreebanco para las curvas horizontales del proyecto.

**Tabla 20.** Valores de sobreanchos.

# CURVA	RADIO	"S"	# CURVA	RADIO	"S"
1	260.37	0.0	29	15.00	2.0
2	367.00	0.0	30	190.00	0.5
3	273.00	0.0	31	70.00	1.0
4	246.00	0.0	32	70.00	1.0
5	200.00	0.5	33	38.00	1.5
6	76.00	1.0	34	160.00	0.5
7	35.50	1.5	35	275.00	0.0
8	35.00	1.5	36	220.00	0.0
9	15.50	1.5	37	336.50	0.0
10	33.50	1.5	38	140.00	1.0
11	256.00	0.0	39	80.50	1.0
12	200.00	0.5	40	120.00	1.0
13	115.50	1.0	41	20.00	1.5
14	20.00	1.5	42	25.00	1.5
15	134.00	1.0	43	40.00	1.5
16	1000.00	0.0	44	443.00	0.0
17	150.00	0.5	45	50.00	1.5
18	150.00	0.5	46	776.00	0.0
19	100.00	1.0	47	20.00	1.5
20	180.00	0.5	48	90.00	1.0
21	53.00	1.5	49	171.50	0.5
22	60.00	1.5	50	110.00	1.0
23	250.00	0.0	51	15.00	2.0
24	50.00	1.5	52	120.00	1.0
25	30.00	1.5	53	120.00	1.0
26	25.00	1.5	54	235.50	0.0
27	40.00	1.5	55	134.50	1.0
28	25.00	1.5			

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Cálculo tipo: para la curva N. 14.

n = 2, R = 20 m

L = 6 m

V = 25 Km/hora.

$$S = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

$$S = 2 \left( 20 - \sqrt{20^2 - 6^2} \right) + \frac{25}{10\sqrt{20}} = 2.40 \text{ m}$$

### 8.4.4.3 ALINEAMIENTO VERTICAL.

El perfil vertical de una carretera se lo realiza en función de la velocidad de diseño de las curvas horizontales y de las gradientes longitudinales. El diseño vertical de nuestro proyecto se lo realizara a nivel de subrasante debido a que ya está abierta.

El perfil vertical determina el movimiento de tierra para mejorar la mesa del proyecto, está compuesto de tangentes verticales que corresponden a las gradientes, unidas por curvas verticales cóncavas y convexas.

Las tangentes verticales o gradientes pueden ser positivas o negativas, y para darles el signo debe utilizarse el sentido en que avanza la abscisa.

#### a. Gradientes longitudinales máximas.-

Las gradientes a utilizarse en nuestro proyecto dependen directamente del trazado actual de la vía. En la Tabla 21, tenemos las gradientes longitudinales máximas para una vía tipo IV en función del TPDA.

**Tabla 21.** Valores de gradientes longitudinales máximas.

(%)

CLASE DE VÍA	TPDA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
		LL	O	M	LL	O	M
IV	100-300	5	6	8	6	8	12

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

La gradiente y Longitud máximas, pueden adaptarse a los siguientes valores:

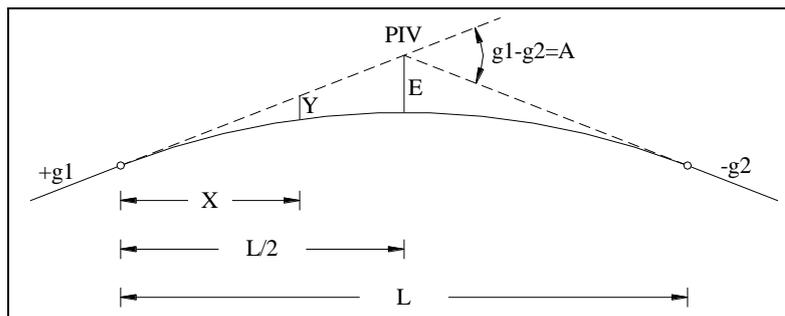
Para gradientes del: 8-10 % La longitud máxima será de: 1.000 m

10-12 %

: 500 m

#### b. Curvas Verticales.

Se requiere para obtener un cambio gradual entre las tangentes verticales de diferente gradiente. Estas son parabólicas.



**Figura 32.** Elementos de la curva vertical

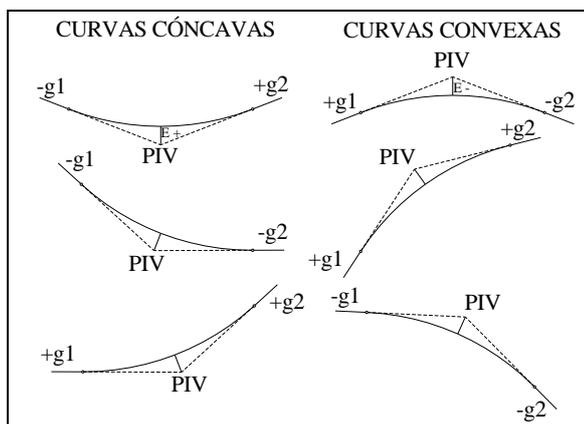
**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

El diseño geométrico de las curvas verticales deberá permitir que se cumplan las siguientes condiciones:

- Seguridad para el tránsito.
- Comodidad para los ocupantes de los vehículos.
- Apariencia estética de la rasante.
- Drenaje superficial adecuado.

**c. Curvas Verticales Cóncavas y Convexas.**

A continuación en el Figura adjunto se puede observar los tipos de curvas cóncavas y convexas.



**Figura 33.** Tipos de curvas verticales

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Debido a que la vía ya está abierta y por economizar costos de construcción, el trazo de las Curvas Verticales Cóncavas y Convexas se realizará en lo posible siguiendo la subrazante existente.

La longitud de curva vertical ya sea esta cóncava y convexa se calcula con la siguiente expresión:

$$L = KA$$

Donde:

K= valor k de curva cóncava o convexa.

A= Diferencia algebraica de gradientes (valor absoluto). Cuando se tienen dos gradientes de signo contrario se suman las gradientes.

La longitud de las curvas verticales debe compararse con el valor mínimo de longitud necesario que se determina con la formula:

$$L_{min} = 0.6V$$

Donde:

V= Velocidad de Diseño.

$$L_{min} = 0.6(25 \text{ KPH}) = 15 \text{ m}$$

Las longitudes calculadas deben ser mayores que la longitud mínima.

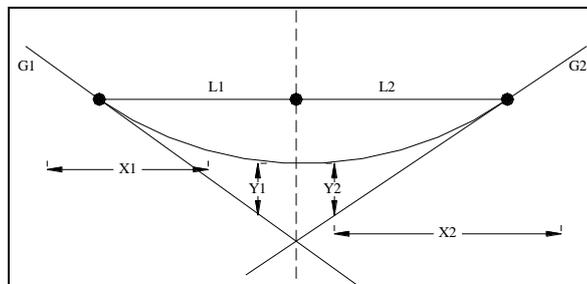
Cuando la diferencia algebraica de gradientes  $A_{sea} \leq a 0.5$  no es necesario calcular la curva vertical.

Por lo que se trata de ajustar el proyecto vertical a la rasante existente se utilizaran curvas verticales asimétricas las cuales utiliza las siguientes fórmulas y procedimientos:

Datos:

Gradientes de entrada y salida

- Abscisa y cota del PIV
- Longitud del PCV al PIV (L1)
- Longitud del PIV al PTV (L2)



**Figura 34.** Curva asimétrica

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

$$A = G_2 - G_1 \quad (\text{en } \%)$$

$$Y_1 = \frac{A}{L_1 + L_2} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{X_1^2}{200} \qquad Y_2 = \frac{A}{L_1 + L_2} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{X_2^2}{200}$$

A continuación se detallan los valores mínimos de K para una vía Tipo IV.

**Tabla 22.** Valores mínimos de diseño del coeficiente “k”.

CLASE DE VÍA	TPDA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
		LL	O	M	LL	O	M
IV	100-300	28	12	7	12	3	2

Fuente: MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

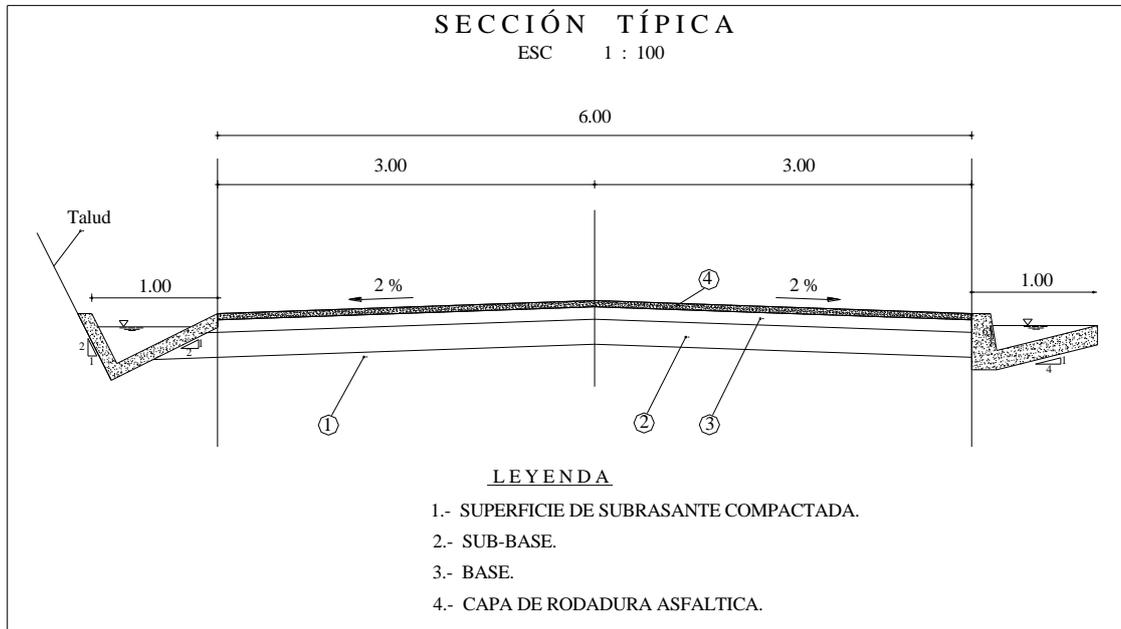
**d. Normas para el Alineamiento Horizontal y Vertical<sup>21</sup>.**

- ✓ Se debe evitar un alineamiento horizontal constituido por tangentes y curvas de grandes radios a cambio de gradientes largas y empinada, así como también un alineamiento con curvas de radios pequeños con gradientes casi planas.
- ✓ No se debe introducir curvas horizontales agudas en o cerca de la cima de curvas verticales convexas pronunciadas.
- ✓ Se debe evitar curvas horizontales agudas en o en las inmediaciones del punto más bajo de las curvas verticales cóncavas que sean pronunciadas.

<sup>21</sup> Normas de diseño geométrico de carreteras y caminos vecinales, (2002). Pág. 73

#### 8.4.4.4 SECCIÓN TÍPICA.

El tipo de Sección transversal se detalla en la siguiente Figura adjunta.



**Figura 35.** Sección transversal tipo

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Sección Transversal.-** Comprende el ancho de la vía y cunetas.

**Obra Básica.-** Comprende a más de la sección transversal el talud de corte y relleno.

**Calzada.-** Es el sector de la sección transversal del camino destinada a la circulación de los diferentes vehículos que ocupen la vía.

**Cunetas.-** Es una parte de la sección transversal que sirve para recoger las aguas lluvias que cae sobre la calzada para luego poderlas conducir a un sitio de desfogue.

**Eje del Camino.-** Es la línea media construida en la calzada.

**Pendientes transversales.-** Se lo denomina también bombeo, es la pendiente que se da a cada lado de la rasante de la vía para facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias depende del tipo de superficie de rodadura en la siguiente tabla propuesta por el MTOP se puede apreciar varios valores de bombeo.

**Tabla 23.** Valores mínimos de diseño del coeficiente.

TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA		BOMBEO (%)
MUY BUENO	Superficie con cemento hidráulico, asfáltico tendido con extendedora mecánica	1,0 a 2,0
BUENO	Superficie con mezcla asfáltica tendida con moto conformadora carpeta de riego	1,5 a 3,0
REGULAR A MALA	Superficie de tierra o grava	2,0 a 4,0

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

Para nuestro proyecto el 2%.

**Línea de Rasante.-** Es el nivel en donde debe quedar el eje de la vía una vez terminada la construcción incluida el pavimento de la calzada.

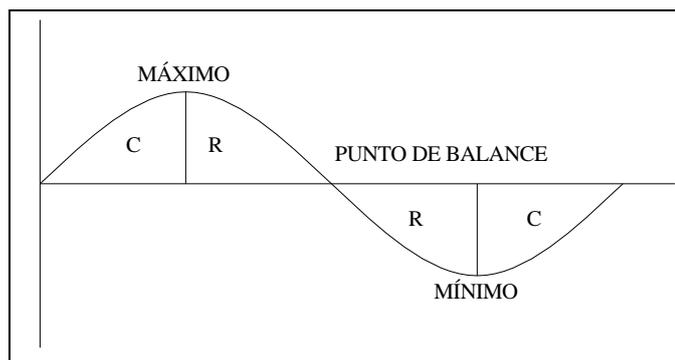
**Línea de Subrasante.-** Es el nivel al cual debe llegar las obras de movimiento de tierras y trabajos de acabado de obra básica para tener condiciones de recibir la estructura de pavimento.

#### 8.4.5 DIAGRAMA DE MASAS.

Al graficar la curva de masas<sup>22</sup>, nos determina la acumulación de volúmenes de corte y relleno según la distancia a un punto de partida u origen. El corte se lo suele considerar positivo y el relleno negativo. El volumen de cada uno de ellos está dado en metros cúbicos.

En las curvas de masas se establece el sentido de movimiento de material, determinando así el sentido de movimiento de la maquinaria, para lo cual tendremos que determinar las distancias de acarreo libre y de sobre acarreo.

<sup>22</sup> Planos: CURVA DE MASAS, ANEXOS



**Figura 36.** Curva de masas tipo  
**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

El corte está dado por la curva ascendente, la mayor o menor inclinación de esta determinará la rapidez del corte máximo o mínimo.

La curva descendente nos indica relleno, la pendiente nos indica mayor o menor rapidez del relleno.

El punto máximo nos indica el cambio de corte a relleno.

El punto mínimo indica el cambio de relleno a corte.

El punto de balance Indica cantidades iguales tanto en corte como en relleno.

En el eje de las ordenadas se marca el volumen de corte y relleno y en el eje de las abscisas se marca las estaciones.

Con la ayuda del software antes mencionado procedemos a calcular la curva de masas.

#### **8.4.6 DRENAJE.**<sup>23</sup>

##### **8.4.6.1 RECOPIACIÓN DE DATOS PARA DRENAJE.**

El sistema de drenaje vial es de importancia vital para el funcionamiento y operación de la vía; la cual tiene algunas funciones principales como desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada, interceptar el agua superficial que escurre hacia la carretera y conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

<sup>23</sup> Planos: OBRAS DE DRENAJE, ANEXOS

Para nuestro estudio analizaremos la hidrología superficial, que tiene que ver con las aguas de precipitación, y mediante cálculos hidráulicos se diseñarán las obras de drenaje que permitan recolectar, conducir y evacuar estas aguas para un funcionamiento óptimo de la vía y evitar de esta forma su destrucción. Las obras de drenaje permiten una circulación segura de los usuarios, en caso de no implementarse estas obras representarían en el futuro altos costos de mantenimiento y reconstrucción de la vía.

Los datos requeridos para drenaje se recopilaron en el Centro de Asesoría e Investigación “Julián Quito”, del Gobierno Provincial de Chimborazo la cual dispone de toda la información como la del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), y otros. Hacemos uso de una carta topográfica digitalizada emitida por el IGM a una escala 1:1000 donde se localiza el eje de la vía y se determina el área de aportación, además se tiene la faja topográfica en escala 1:1000 levantada en campo, en la que abarca toda el área de influencia del proyecto vial con un grado alto de detalle.

#### **8.4.6.2 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.**

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo e intensidades máximas de lluvia.

##### *MÉTODO RACIONAL*

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la intensidad máxima de lluvia debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración ( $T_c$ ).

El método racional es válida para áreas menores a 160 ha en terrenos montañosos y menores de 400 ha en terrenos planos, está representado por la siguiente ecuación

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

Donde;

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de Escorrentía.

I = Intensidad máxima de precipitación (mm/ha)

A = Área de drenaje (ha)

#### **a. Tiempo de Concentración “T<sub>c</sub>”.**

Debido a la limitada información existente se recomienda tomar el tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración, considerando que en ese lapso se produce la mayor aportación de la cuenca al cauce. Para el cálculo del tiempo de concentración se utiliza la fórmula de Kirpich.

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = El tiempo de concentración, en min.

L = El longitud del cauce principal, en m.

H = El desnivel entre el extremo de la cuenca y el punto de descarga, en m.

#### **b. Análisis de la cuenca hidrológica.**

La cuenca hidrológica presenta una superficie de tierra con vegetación, la pendiente del terreno varía según el tramo llegando a valores mayores al 50% con características ligeramente permeable, el clima es caracterizado por la presencia de una estación lluviosa de tipo zenital o equinoccial que normalmente se extiende desde octubre hasta junio, y una estación seca muy heterogénea que generalmente comprende los meses de julio, agosto y septiembre.

### Información meteorológica en estación Riobamba – aeropuerto (M-057)

A continuación se presentan los datos de temperatura, humedad relativa, nubosidad, heliofanía, evaporación, precipitación mensual, precipitación máxima diaria y número de días con lluvia mayor a 0,10 mm diarios recopilados en esta estación climatológica.

**Tabla 24.** Información meteorológica Riobamba – Aeropuerto (M-057)

AÑO	TEM °C	HUM %	HELI OF horas	NUBOS octavos	EVAPOR mm	PRECIP , mm	Pmáx24h, mm	DIAS c/ LLUVIA
1959	13,0	80	n/d	6	n/d	443,9	27,6	158
1960	14,0	77	n/d	6	n/d	244,5	16,8	89
1961	12,6	80	n/d	6	n/d	276,8	29,0	70
1962	12,9	77	1.509,2	6	401,5	467,8	32,4	96
1963	13,5	73	1.546,1	6	625,6	500,3	20,9	134
1964	13,3	73	1.868,2	6	2.120,0	418,1	24,4	176
1965	n/d	73	1.898,1	6	1.720,8	479,3	25,6	182
1966	13,9	72	1.122,8	6	965,5	370,9	25,4	132
1967	13,3	72	n/d	6	241,4	358,9	22,1	138
1968	13,5	70	1.869,0	6	634,7	253,1	20,3	86
1969	13,7	75	1.630,2	6	1.209,1	482,5	47,6	128
1970	13,2	78	1.750,9	7	1.111,1	574,9	35,4	149
1971	13,0	75	1.179,0	7	1.044,3	526,7	20,1	160
1972	13,5	79	1.588,7	6	1.017,6	473,9	28,4	131
1973	13,9	69	1.668,1	7	n/d	276,5	15,3	91
1975	13,0	70	1.579,9	7	823,0	621,0	24,3	186
1976	13,4	68	1.653,1	6	1.073,9	390,0	18,8	141
1977	13,8	70	1.702,0	6	931,5	365,3	25,0	132
1978	13,8	73	1.828,1	6	1.067,0	373,8	22,6	135
1979	14,0	72	n/d	6	1.250,8	274,6	28,1	104
1980	13,9	71	n/d	6	n/d	373,6	24,6	91
1981	14,3	70	1.750,4	6	n/d	433,2	26,2	130
1982	14,4	76	1.534,5	n/d	n/d	581,8	26,0	n/d
1983	13,9	73	1.536,6	6	n/d	627,4	25,4	148
1984	13,5	77	1.493,9	6	n/d	668,5	22,0	n/d
PROM =	13,5	74	1.607,7	6	1.000,6	435,0	25,1	131
<i>n / d dato no disponible.-</i>								

**Fuente:** Centro de Asesoría e Investigación “Julián Quito”.

**c. Coeficiente de escorrentía “C”.**

Es un factor que depende del tipo de suelo existente (tierra, capa vegetal, pavimento, etc).

Para determinar el coeficiente, según la superficie que tenga utilizaremos las siguientes tablas adjuntas.

**Tabla 25.** Cálculo de coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie.

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>C</b>
Cuvierta metalica o teja vidriada.	0.95
Cuvierta con teja ordinaria o impermeabilizada.	0.90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones.	0.85 - 0.90
Pavimentos de Hormigón.	0.80 - 0.85
Empedrados (juntas pequeñas).	0.75 - 0.80
Empedrados (juntas ordinarias).	0.40 - 0.50
Pavimentos de macadan.	0.25 - 0.60
Superficies no pavimentadas.	0.10 - 0.30

**Fuente:** Caminos en el Ecuador; Ing. A.Salgado, 2000.

**Tabla 26.** Coeficientes de escorrentía según la pendiente del terreno.

<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>PENDIENTE DEL TERRENO</b>				
		<b>PRON.</b>	<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>SUAVE</b>	<b>DESPREC</b>
		<b>&gt; 50 %</b>	<b>20%</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>&lt; 1 %</b>
SIN VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	SEMIPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	PERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	SEMIPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	PERMEABLE	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS, VEGETACIÓN LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
BOSQUES, DENSA VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

NOTA.- Para zonas que se espera puedan ser quemadas, se deben aumentar los coeficientes así: Cultivos: Multiplicar por 1.10; Hierbas, pastos y vegetación ligera, bosques y densa vegetación: Multiplicar por 1.30.

**Fuente:** Caminos en el Ecuador; Ing. A.Salgado, 2000.

**d. Intensidad de precipitación “I”.**

Con el fin de considerar en el cálculo de caudales la influencia de las magnitudes de precipitaciones pluvial, se han definido las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, en cuyo cálculo entra como datos básico el correspondiente a la precipitación máxima en 24 horas para la zona en estudio, valor empírico en el parámetro  $I_d$  de acuerdo a las siguientes relaciones establecidas por el INAMHI para la Zona N° 16 en su última publicación del año 2000.

$$\text{Para } 5 \text{ min} < t < 25 \text{ min} >>> I_{t,T} = 76,946 * t^{-0.4583} * I_d$$

$$\text{Para } 25 \text{ min} < t < 1440 \text{ min} >>> I_{t,T} = 174.470 * t^{-0.7143} * I_d$$

Donde:

$I, T$  = Intensidad máxima de lluvia con duración  $t$  y periodo de retorno  $T$  años,

$t$  = Tiempo de duración de la lluvia.

$I_d$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno de  $T$  años ( $I_d = P_d / 24$ ), mm/hora.

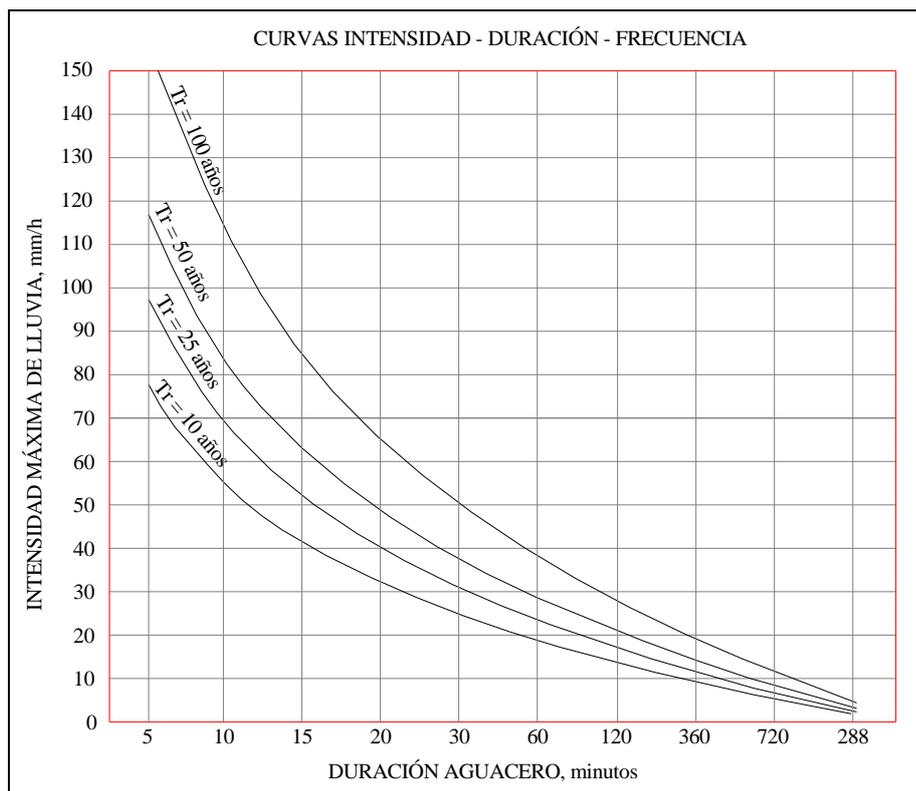
$P_d$  = Precipitaciones diarias (precipitación máxima en 24 horas), mm.

Sobre la base de las antes indicadas expresiones, se determinan las intensidades máximas de lluvia para diferentes períodos de retorno y duraciones, resumiéndose los resultados obtenidos en el Tabla 26 y Figura 37 adjuntos.

**Tabla 27.** Intensidades máximas de lluvia.

Tr (años)	t (minutos)						t (horas)			
	5	10	15	20	30	60	2	6	12	24
2	55.2	40.2	33.4	29.2	23.1	14.1	8.6	3.9	2.4	1.5
5	64.4	46.9	38.9	34.1	26.9	16.4	10	4.6	2.8	1.7
10	73.6	53.6	44.5	39	30.7	18.7	11.4	5.2	3.2	1.9
25	92	67	55.6	48.7	38.4	23.4	14.3	6.5	4	2.4
50	110.4	80.4	66.7	58.5	46.1	28.1	17.1	7.8	4.8	2.9
100	147.2	107.1	89	78	61.5	37.5	22.8	10.4	6.4	3.9

**Fuente:** Centro de Asesoría e Investigación “Julián Quito”



**Figura 37.** Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, Zona 16

**Fuente:** Centro de Asesoría e Investigación “Julián Quito”.

#### 8.4.6.3 DRENAJE LONGITUDINAL.

El drenaje longitudinal comprende las obras de captación y defensa, cuya ubicación será necesaria establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo.

**- Localización, pendiente y velocidad.**

La cuneta se localizará entre la calzada de la carretera y el pie del talud del corte. La pendiente será similar al perfil longitudinal de la vía, con un valor mínimo del 0.50% y un valor máximo que estará limitado por la velocidad del agua.

La Tabla 28, proporciona como norma de criterio la velocidad del agua, a partir de la cual se produce erosión en diferentes materiales. A pesar de los valores indicados, es práctica usual limitar la velocidad del agua en las cunetas a 3,00 m/s en zampeado y a 4,00 m/s en hormigón.

**Tabla 28.** Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.

<b>Material</b>	<b>Velocidad m/s.</b>	<b>Material</b>	<b>Velocidad m/s.</b>
Arenas Finas	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcillas arenosas	0.50	Grava gruesa	3.5
Arcilla ordinarias	0.85	Zampeado	3.4 - 4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 - 7.5
Grava Fina	2.00	Hormigón	4.5 - 7.5

**FUENTE:** Ingeniería Vial, I MORALES S HUGO A, 2006.

**Tabla 29.** Coeficiente de Rugosidad "n".

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>"n"</b>
Roca, lisa y uniforme	0.03
Roca, aspera e irregular	0.04
Excavados en tierra	0.0275
Revestidos de Concreto en condiciones buenas.	0.015
Revestidos de Concreto en condiciones medias.	0.13

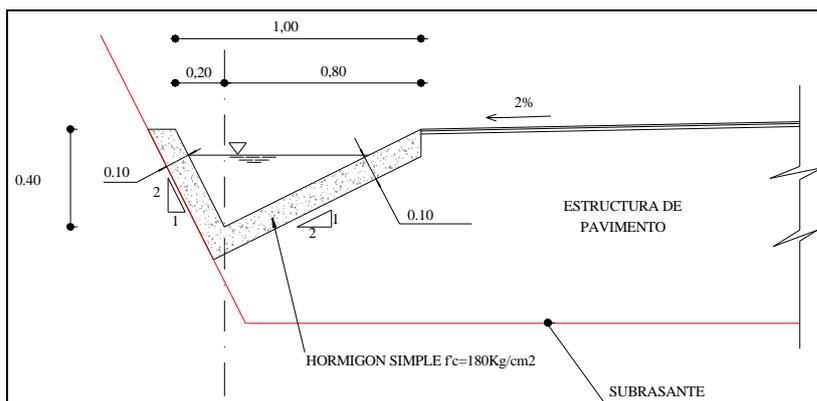
**Fuente:** Ingeniería Vial, I MORALES S HUGO A, 2006.

**- Forma de las secciones adoptadas y sus características.**

La sección transversal de las cunetas para nuestro proyecto será triangular, por su facilidad de construcción y mantenimiento.

Se diseñarán y construirán dos tipos de secciones como: Cunetas laterales al pie de talud en corte y sobre taludes en relleno.

Adoptamos las dimensiones señaladas en las secciones típicas propuestas de la vía para una longitud determinada en dependencia del caudal transportado.



**Figura 38.** Cuneta típica lateral al pie de talud.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

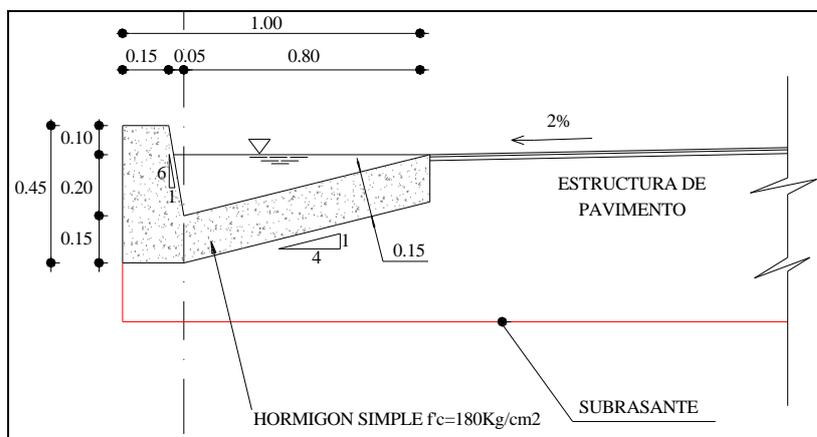
**DATOS:**

Coefficiente de Rugosidad:  $n = 0.015$

Área:  $A = 0.135 \text{ m}^2$

Perímetro:  $P = 1.040 \text{ m}$ .

Radio Hidráulico:  $R = 0.130 \text{ m}$



**Figura 39.** Cuneta típica lateral de relleno.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**DATOS:**

Coefficiente de Rugosidad:  $n = 0.015$

Área:  $A = 0.10 \text{ m}^2$

Perímetro:  $P = 0.1075 \text{ m}$ .

Radio Hidráulico:  $R = 0.093 \text{ m}$

- **Diseño hidráulico de cunetas laterales al pie de taludes.**

Estas estructuras tienen como misión fundamental la de coleccionar y conducir la escorrentía superficial producto de la precipitación pluvial, la cual procede desde la calzada y taludes de corte adyacentes, adoptándose las dimensiones y características señaladas en las secciones típicas propuestas de la vía para una longitud determinada en dependencia del caudal transportado.

**Metodología:**

En el análisis de esta estructura se ha considerado la siguiente expresión para el aporte de las aguas lluvia:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Donde:

$Q_T$  = caudal total a ser evacuado, m<sup>3</sup>/s.

$Q_1$  = caudal que aporta del talud, m<sup>3</sup>/s.

$Q_2$  = caudal que aporta de la mitad del ancho de la vía, m<sup>3</sup>/s.

**Datos:**

*Coefficientes de escorrentía:*

$C_1 = 0.55$  (Cultivos con pendientes de terreno entre 50 y 3 %, suelo semipermeable, ver Tabla 26).

$C_2 = 0.85$  (Pavimentos asfálticos en buenas condiciones, ver Tabla 25).

*Intensidades:*

$I = 53.60$  mm/h (Para un periodo de retorno  $T$  de 10 años y duración de lluvia de 10 min, ver Tabla 27).

*Áreas:*

$A_1 = 10.0 \times L$  (área considerada como aporte del talud para una altura promedio de 10 m).

$A_2 = 3.0 \times L$  (área considerada como aporte de la mitad del ancho de la vía es decir 3.0 m).

De la ecuación del método racional (Caudal Hidrológico):

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

Transformando a unidades métricas:

$$Q = 2.78 * 10^{-07} * C * I * A_{Tributaria} \quad (1)$$

El caudal hidrológico se iguala al caudal hidráulico, y así despejar la longitud de la cuneta L, que corresponde a la separación entre alcantarillas.

$$Q = A * V = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (2)$$

Iguando (1) y (2)

$$2.78 * 10^{-07} * I * L * (B_1 * C_1 + B_2 * C_2) = \frac{1}{n} * A_{Cuneta} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$L = \frac{R^{2/3} * S^{1/2} * A_{Cuneta}}{2.78 * 10^{-07} * I * (B_1 * C_1 + B_2 * C_2) * n}$$

Con esta ecuación calculamos la longitud máxima haciendo variar las diferentes pendientes de longitudinales para nuestro caso de 0.5 – 12 %.

Para verificar la velocidad con la cual la cuneta evacua la escorrentía superficial, se hace necesario calcular la velocidad mediante la ecuación de Manning.

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

$$V = \frac{\left[ \frac{A_{Cuneta}}{y * (\sqrt{1 + m^2} + \sqrt{1 + z^2})} \right]^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Valores de m, n para nuestra cuneta asumida:

$$m = 2, z = 1$$

El valor de la profundidad y puede llegar máximo a 0.30 m por norma.

Con los mismos parámetros utilizados en el cálculo de la longitud de la cuneta, manteniendo constante las pendientes transversales (m y n), para diferentes valores de pendiente y profundidad de flujo, Se calcula el caudal Hidráulico para el área de la cuenca establecida y para cada una de las velocidades halladas.

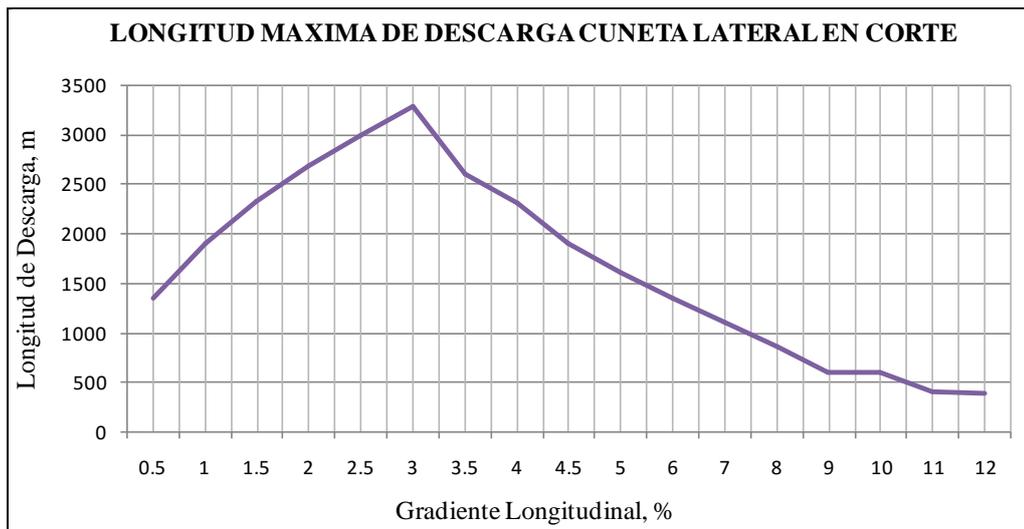
El proceso de cálculo se resume en la siguiente tabla adjunta.

**Tabla 30.** Longitud máxima de descarga de cuneta lateral en corte.

<b>GRADIENT E %</b>	<b>LONG MAX, m</b>	<b>VELOCIDAD , m/s</b>	
0.5	1340	1.19	ok
1.0	1896	1.68	ok
1.5	2322	2.06	ok
2.0	2681	2.38	ok
2.5	2997	2.66	ok
3.0	3283	2.92	ok
3.5	2600	2.88	ok
4.0	2300	2.92	ok
4.5	1900	2.93	ok
5.0	1600	2.91	ok
6.0	1350	2.98	ok
7.0	1100	2.99	ok
8.0	850	2.94	ok
9.0	600	2.84	ok
10.0	591	2.99	ok
11.0	395	2.81	ok
12.0	380	2.93	ok

**Elaborado por:** Hernán Quinzo C.

Puesto que la capacidad hidráulica de la sección adoptada depende de sus dimensiones y gradiente longitudinal, en la Figura 40 adjunto, se presenta la máxima longitud a la que teóricamente es posible descargar el escurrimiento superficial conducido por la cuneta lateral para una pendiente longitudinal determinada y velocidad máxima admisible (3,00 m/s).



**Figura 40.** Longitud máxima de descarga cuneta lateral en corte.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- **Diseño hidráulico de cunetas laterales al pie de taludes.**

Estas estructuras tienen como misión fundamental la de coleccionar y conducir la escorrentía superficial producto de la precipitación pluvial, la cual procede desde la calzada, adoptándose las dimensiones y características señaladas en las secciones típicas propuestas de la vía para una longitud determinada en dependencia del caudal transportado.

Datos:

*Coefficientes de escorrentía:*

$C_2 = 0.85$  (Pavimentos asfálticos en buenas condiciones, ver Tabla 25).

*Intensidades:*

$I = 53.60$  mm/h (Para un periodo de retorno  $T$  de 10 años y duración de lluvia de 10 min, ver Tabla 27).

*Áreas:*

$A = 3.0 \times L$  (área considerada como aporte de la mitad del ancho de la vía es decir 3.0 m).

De la ecuación del método racional (Caudal Hidrológico):

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

Transformando a unidades métricas:

$$Q = 2.78 * 10^{-07} * C * I * A_{Tributaria} \quad (1)$$

El caudal hidrológico se iguala al caudal hidráulico, así despejar la longitud de la cuneta  $L$ , que corresponde a la separación entre alcantarillas.

$$Q = A * V = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (2)$$

Igualando (1) y (2)

$$2.78 * 10^{-07} * I * L * (B * L) = \frac{1}{n} * A_{Cuneta} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$L = \frac{R^{2/3} * S^{1/2} * A_{Cuneta}}{2.78 * 10^{-07} * C * I * B * n}$$

Con esta ecuación calculamos la longitud máxima haciendo variar las diferentes pendientes de longitudinales para nuestro de 0.5 – 12 %.

Para verificar la velocidad con la cual la cuneta evacua la escorrentía superficial, se hace necesario calcular la velocidad mediante la ecuación de Manning.

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

$$V = \frac{\left[ \frac{A_{cuneta}}{y * (\sqrt{1 + m^2} + \sqrt{1 + z^2})} \right]^{2/3}}{n} * S^{1/2}$$

Valores de m, n para nuestra cuneta asumida:

$$m = 4$$

$$z = 1$$

El valor de la profundidad y puede llegar máximo a 0.30 m por norma.

Con los mismos parámetros utilizados en el cálculo de la longitud de la cuneta, manteniendo constante las pendientes transversales (m y n), para diferentes valores de pendiente y profundidad de flujo, Se calcula el caudal Hidráulico para el área de la cuenca establecida y para cada una de las velocidades halladas.

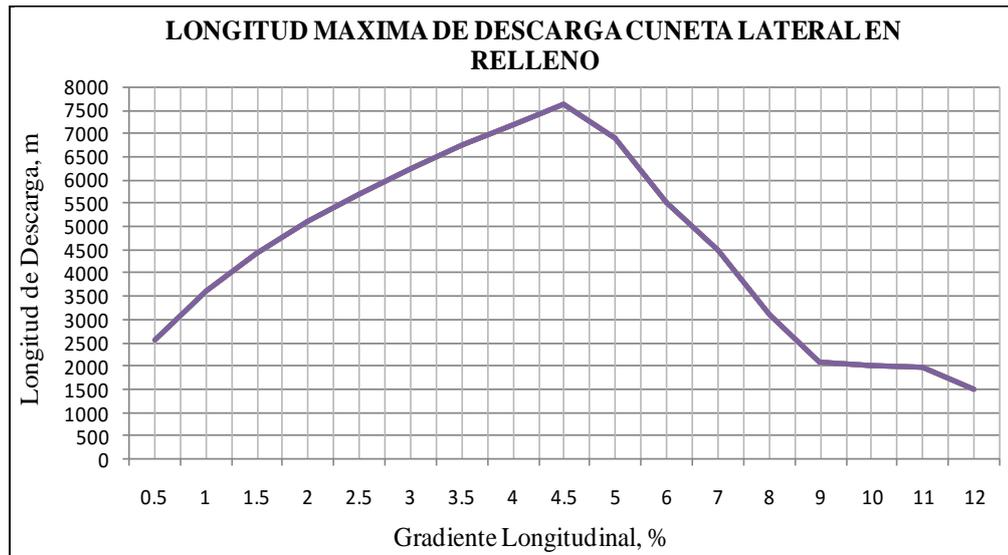
El proceso de cálculo se resume en la siguiente tabla adjunta.

**Tabla 31.** Longitud máxima de descarga cuneta lateral al pie del talud.

GRADIENTE %	LONG MAX, m	VELOCIDAD, m/s	
0.5	2547	0.97	ok
1.0	3601	1.37	ok
1.5	4411	1.68	ok
2.0	5093	1.94	ok
2.5	5694	2.16	ok
3.0	6238	2.37	ok
3.5	6738	2.56	ok
4.0	7203	2.74	ok
4.5	7640	2.90	ok
5.0	6900	2.90	ok
6.0	5500	2.95	ok
7.0	4500	2.93	ok
8.0	3100	2.85	ok
9.0	2100	2.70	ok
10.0	2000	2.85	ok
11.0	1980	2.99	ok
12.0	1500	2.73	ok

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Puesto que la capacidad hidráulica de la sección adoptada depende de sus dimensiones y gradiente longitudinal, en la Figura 41 adjunto, se presenta la máxima longitud a la que teóricamente es posible descargar el escurrimiento superficial conducido por la cuneta lateral para una pendiente longitudinal determinada y velocidad máxima admisible (3,00 m/s).



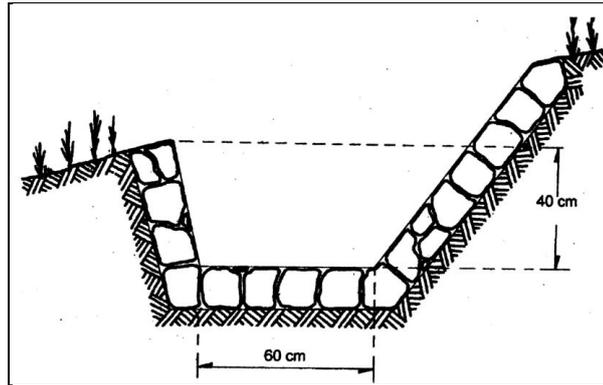
**Figura 41.** Longitud máxima de descarga cuneta lateral en relleno.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**- Cunetas de Coronación.**

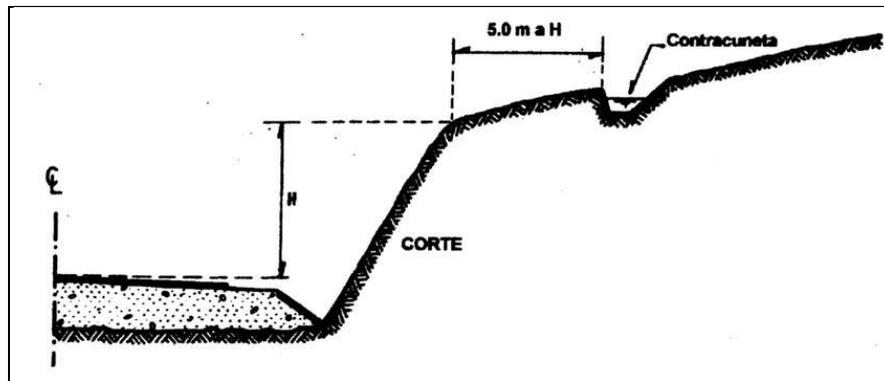
La sección de la cuneta de coronación, que se utiliza con más frecuencia, es de forma trapecial con 0.60 ó 0.80 m de plantilla y taludes conformados de acuerdo con las características del terreno y la profundidad estará comprendida entre 0.40 y 0.60 m.

Para nuestro proyecto asumiremos la siguiente cuneta de coronación con su respectiva ubicación.



**Figura 42.** Dimensiones de la cuneta de coronación tipo.

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)



**Figura 43.** Ubicación de la cuneta de coronación.

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

#### 8.4.6.4 DRENAJE TRANSVERSAL.

Como drenaje transversal se considera a las alcantarillas que son conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de subrasante de una vía, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, el agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera.

Los elementos constitutivos de una alcantarilla son: el ducto, los cabezales, los muros de ala en la entrada y salida, y otros dispositivos que permitan mejorar las condiciones del escurrimiento y eviten la erosión regresiva debajo de la estructura

a) **Procedimiento de Cálculo de alcantarillas por medio de los nomogramas**

- 1) Se determina el caudal de diseño  $Q_d$  mediante el estudio hidrológico (Método Racional).

**Tabla 32.** Cálculo de caudales de las cuencas hidrográficas.

ABSC.	NOMBRE	L (m)	Ancho (m)	A aportación	H (m)	C	Tc (min)	I (mm/h)	Q1 (m3/s)
0+240	Quebrada	430	50	2.15	2	0.55	17	38	0.12
0+800	tubería	180	50	0.9	2	0.55	10	53.6	0.07
1+570	Quebrada	230	30	0.69	5	0.55	10	53.6	0.06
2+120	tubería	250	30	0.75	5	0.55	10	53.6	0.06
2+370	tubería	250	40	1	5	0.55	10	53.6	0.08
2+620	tubería	260	80	2.08	25	0.55	10	53.6	0.17
2+880	tubería	400	80	3.2	25	0.55	10	53.6	0.26
3+280	tubería	100	80	0.8	15	0.55	10	53.6	0.38
3+490	tubería	190	200	3.8	30	0.55	10	53.6	0.31
3+680	tubería	210	400	8.4	30	0.55	10	53.6	0.69
3+890	Quebrada	170	400	6.8	30	0.55	10	53.6	0.56
4+060	tubería	220	400	8.8	30	0.55	10	53.6	0.72
4+280	Quebrada	355	300	10.65	15	0.55	10	53.6	0.87

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

**Tabla 33.** Cálculo de caudales de las cuencas que aportan a las quebradas.

ABSC.	NOMBRE E	L (m)	Ancho (m)	A apror. (Ha)	H (m)	C	Tc (min)	I (mm/h)	Q2 (m3/s)
0+240	Q.S/N	500	300	15	15	0.55	10	53.6	1.23
1+570	Q. S/N	500	300	15	10	0.55	11	53	1.21
3+890	Q. Mactus	1000	400	40	80	0.55	11	53	3.24
4+280	Q. S/N	1000	200	20	30	0.55	16	38	1.16

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

**Tabla 34.** Cálculo de caudales de los taludes de corte y cunetas.

<b>C1 = 0.55; C2 = 0.85</b>										
ABSC.	L (m)	B1 (m)	B2 (m)	A Talud (Ha)	A Calzada (Ha)	Tc (min)	I (mm/h)	Q Talud (m3/s)	Q calzada (m3/s)	Q3 (m3/s)
0+240	520	3	3	0.16	0.0003	18	35.0	0.008	0.000021	0.008
0+800	770	5	3	0.39	0.0003	23	28.0	0.016	0.006	0.023
1+570	250	5	3	0.13	0.0003	10	53.6	0.01	0.012	0.022
2+120	250	3	3	0.075	0.0003	10	53.6	0.006	0.012	0.018
2+370	250	3	3	0.075	0.0003	10	53.6	0.006	0.012	0.018
2+620	260	5	3	0.13	0.0003	10	53.6	0.011	0.012	0.022
2+880	400	4	3	0.16	0.0003	12	48.0	0.012	0.01	0.022
3+280	210	2	3	0.04	0.0003	10	53.6	0.003	0.012	0.015
3+490	190	2	3	0.04	0.0003	10	53.6	0.003	0.012	0.015
3+680	210	3	3	0.06	0.0003	10	53.6	0.005	0.012	0.017
3+890	170	3	3	0.05	0.0003	10	53.6	0.004	0.012	0.016
4+060	220	3	3	0.07	0.0003	10	53.6	0.005	0.012	0.017
4+280	350	3	3	0.105	0.0003	13	46.5	0.007	0.01	0.018

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

**Tabla 35.** Cálculo de caudales de diseño.

ABSC.	NOMBRE	Q 1 (m3/s)	Q 2 (m3/s)	Q 3 (m3/s)	Q diseño (m3/s)
0+240	Quebrada	0.12	1.23	0.01	1.36
0+800	tubería	0.07	-	0.02	0.1
1+570	Quebrada	0.06	1.21	0.02	1.29
2+120	tubería	0.06	-	0.02	0.08
2+370	tubería	0.08	-	0.02	0.1
2+620	tubería	0.17	-	0.02	0.19
2+880	tubería	0.26	-	0.02	0.28
3+280	tubería	0.38	-	0.02	0.39
3+490	tubería	0.31	-	0.01	0.33
3+680	tubería	0.69	-	0.02	0.7
3+890	Quebrada	0.56	3.24	0.02	3.81
4+060	tubería	0.72	-	0.02	0.74
4+280	Quebrada	0.87	1.16	0.02	2.05

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

2) Se propone el tipo y diámetro de la tubería (D) y el número de conductos.

Para la propuesta del diámetro de la tubería primero se realiza un prediseño en base a los caudales de diseño con la siguiente fórmula:

$$D = \left( \frac{Q_d}{1.425} \right)^{2/5}$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño, m3/s.

**Tabla 36.** Cálculo de diámetro para tuberías de descarga de alcantarillas.

ABSC.	NOMBRE	Q diseño (m3/s)	DIAM. (m)	DIAM. ASUMIDO (m)
0+240	Quebrada	1.36	0.98	1.2
0+800	tubería	0.1	0.34	1.2
1+570	Quebrada	1.29	0.96	1.2
2+120	tubería	0.08	0.31	1.2
2+370	tubería	0.1	0.35	1.2
2+620	tubería	0.19	0.45	1.2
2+880	tubería	0.28	0.52	1.2
3+280	tubería	0.39	0.6	1.2
3+490	tubería	0.33	0.55	1.2
3+680	tubería	0.7	0.75	1.2
3+890	Quebrada	3.81	1.48	1.8
4+060	tubería	0.74	0.77	1.2
4+280	Quebrada	2.05	1.16	1.2

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Si en los cálculos de prediseño se obtiene valores menores a los diámetros especificados por el MTOP, se utilizarán los establecidos por esta entidad normativa. Es decir, al menos 1.20 m de diámetro.

A continuación se detalla la propuesta del drenaje transversal:

**Tabla 37.** Propuesta del drenaje transversal.

N°	ABSC.	ENTRADA	SALIDA	N°	SEC. TRANSV.		LONG. (m)			OBSV
					ORIF	D	MAT	IZQ	DER	
1	0+240	ALAS	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
2	0+800	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	7.0	8.0	15.0	Tubería nueva
3	1+570	ALAS	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
4	2+120	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
5	2+370	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
6	2+620	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
7	2+880	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
8	3+280	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	5.0	5.0	10.0	Tubería nueva
9	3+490	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	5.0	4.0	9.0	Tubería nueva
10	3+680	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
11	3+890	ALAS	ALAS	1	1.8	metálica	8.0	7.0	15.0	Tubería nueva
12	4+060	CAJÓN	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	4.0	8.0	Tubería nueva
13	4+280	ALAS	ALAS	1	1.2	metálica	4.0	6.0	10.0	Tubería nueva

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Las tuberías existentes se limpiarán y se mantendrán incluyendo la construcción de las protecciones de entrada y salida como son los cajones y las alas dependiendo el tipo de alcantarilla.

En las alcantarillas nuevas de acuerdo a los cálculos obtenemos diámetros menores a 1.0 m, sin embargo adoptando la sugerencia del MTOP se tomará como diámetro mínimo 1.20 m. en ARMEX, para fácil colocación y mantenimiento.

**Tabla 38.** Propiedades tubería de alcantarilla tipo Armex.

Diámetro	1.20 m
Rugosidad	0.03
Pendiente	0.02
Radio Hidráulico	0.3
Área mojada	1.13 (tubo lleno)
Velocidad del agua	2.11 m/s
Caudal	2.39 m <sup>3</sup> /s

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

## **8.4.7 PAVIMENTO.**

### **8.4.7.1 ESTUDIOS PRELIMINARES.**

Para la determinación de los espesores de las capas del pavimento, se analiza el método AASHTO que considera las características del tránsito y de la sub-rasante existente, el índice de servicio esperado de la estructura del pavimento, así como, también, el factor regional de las condiciones ambientales bajo las cuales el pavimento estará sometido.

Según el Método de diseño de la AASHTO 1993, y debido a factores ambientales, relacionado con los niveles de precipitación, el tráfico, la humedad, estabilidad de las geofomas y de la capa de rodadura ante los agentes atmosféricos y naturales. Se cree correcto el uso de pavimento flexible, constituido por una Carpeta Asfáltica con mezcla elaborada en caliente, base granular clase 4 y subbase granular clase 3 para la longitud total de la vía. El mejoramiento existente en la vía, no se toma en cuenta en el diseño del pavimento, estimamos un factor de seguridad y en ciertos sectores el diseño vertical cambia y esta capa será retirada.

### **8.4.7.2 ADOPCIÓN DEL C.B.R DE DISEÑO.**

Para adoptar el CBR de diseño, depende de la calidad de la sub rasante, para que los espesores de las distintas capas de la estructura tengan determinado espesor, se sigue el criterio de mejor calidad de la subrasante las capas de la estructura tendrán menor valor lo cual será menor el costo de la estructura del pavimento.

Se adoptará los siguientes pasos:

- Con los datos de CBR determinados en el laboratorio se ordena de menor a mayor (ascendente).

- Se enumera los CBR, asignando un número 1 al mayor valor y así sucesivamente para obtener la frecuencia.
- Se determina la frecuencia de los CBR, para esto el valor de las frecuencias, en porcentaje, se calcula dividiendo el número de orden para el número total de ensayos y multiplicado por 100.
- Se dibuja la Figura de frecuencias vs CBR.
- El CBR de diseño es el que corresponde al 95% de frecuencia.

**Tabla 39.** Valores de C.B.R de la Subrasante.

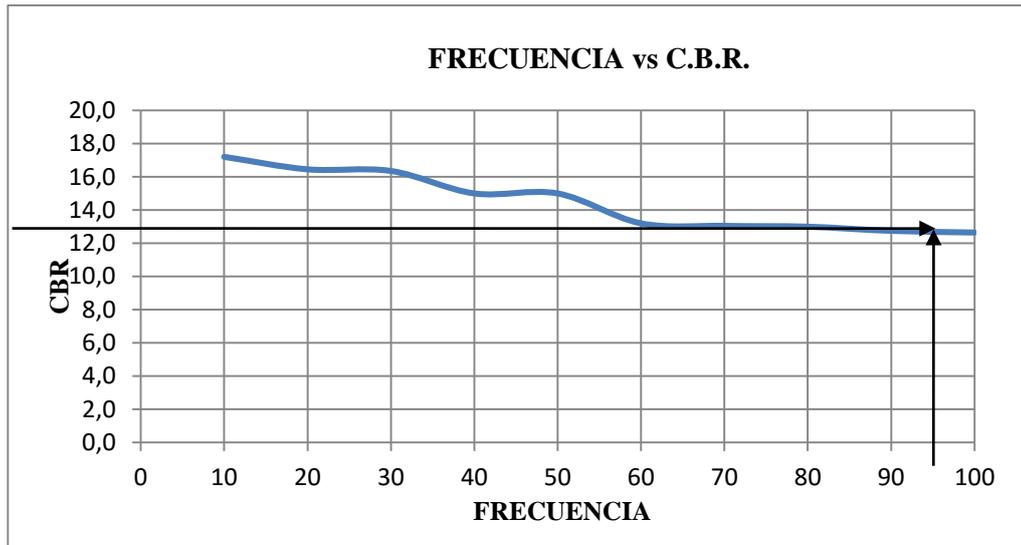
NÚMERO	ABSCISA	VALOR CBR
1	0+000	15.00
2	0+500	12.65
3	1+000	13.05
4	1+500	15.00
5	2+000	13.00
6	2+500	17.20
7	3+000	13.20
8	3+500	12.75
9	4+000	16.35
10	4+500	16.45

**Fuente:** Ensayos de Laboratorio.

**Tabla 40.** Cálculo de Frecuencias.

NÚMERO	FRECUENCIA	VALOR CBR
10	100	12.65
9	90	12.75
8	80	13.00
7	70	13.05
6	60	13.20
5	50	15.00
4	40	15.00
3	30	16.35
2	20	16.45
1	10	17.20

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.



**Figura 44.** Curva FRECUENCIA vs C.B.R.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Para una frecuencia del 95%, el valor de CBR de diseño es 13 %.

### 8.4.7.3 MÉTODO A.A.S.H.T.O APLICADO AL PAÍS EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

A continuación presentamos la ecuación del método AASHTO para determinar los espesores del pavimento flexible:

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

Donde:

$W_{18}$  = Número previsto de ejes equivalentes de 18 Kip (18000lb).

$Z_R$  = Nivel de confiabilidad  $R$  en la curva de distribución normalizada.

$S_o$  = Desviación estándar.

$SN$  = Número estructural.

$\Delta PSI$  = Índice de suficiencia o de servicio.

$M_R$  = Módulo de resiliencia de la subrasante.

- **Numero de ejes equivalentes (W18).**- Para determinar el número de ejes equivalentes se pretende transformar el tráfico proyectado, para el período de diseño, a ejes equivalentes de 18000 lb principalmente de transporte pesado, marginando al transporte liviano que teóricamente no afectan a la estructura del pavimento flexible.

Se aplicará la siguiente ecuación:

$$W18 = Dd * DI * EAL$$

Donde:

Dd= Factor de distribución direccional

DI = Factor de distribución por carril.

EAL = Número de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.

Para determinar el número de ejes equivalentes se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se clasifica los vehículos pesados según sus distintas categorías, para nuestro caso solo C-2G (camión de dos ejes grande).
2. Se aplica un factor de daño que causa cada tipo de vehículo.

**Tabla 41.** Factores de daño según tipo de vehículo.

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		FACTOR DAÑO
	Ton	(P/6.6) ^4	Ton	(P/8.2) ^4	Ton	(P/15) ^4	
<b>BUS</b>	4	0.13	8	0.91			1.04
<b>C-2P</b>	2.5	0.02					1.29
	7	1.27					
<b>C-2G</b>	6	0.68	12	4.59			5.27
<b>C-3</b>	6	0.68			20	3.16	3.84
<b>C-4</b>	6	0.68					1.87

**Fuente:** Usando Datos del Cuadro Demostrativo de Cargas Útiles Permisibles del Departamento de Pesos, Medidas y Peaje de la Dirección de Mantenimiento Vial del MOP en el Ecuador.

Para determinar los factores de distribución por dirección y por carril aplicamos las siguientes tablas:

**Tabla 42.** Factores de distribución por dirección.

<b>FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN</b>	
<b>Nº de carriles en ambas direcciones</b>	<b>DI</b>
2	0,50
4	0,45
6 o más	0,40

**Fuente:** Especificaciones AASHTO 93

Para esto, cada vehículo tiene un factor de daño como se indica a continuación, Cabe indicar que para el diseño de pavimentos solamente se tomara los vehículos tipo Buses y pesados, desechando los livianos.

**Tabla 43.** Factores de distribución por carril.

<b>FACTOR DE DISTRIBUCIÓN</b>	
<b>Nº de carriles en una sola dirección</b>	<b>LC</b>
1	1,00
2	0,80 - 1,00
4	0,60 – 0,80
6 o más	0,50 – 0,75

**Fuente:** Especificaciones AASHTO 93

Para nuestra vía emplearemos los siguientes valores:

Factor de distribución por dirección igual a 0.50

Factor de distribución por carril igual a 1.00

Para calcular el Número de ejes equivalentes a 8.2 Ton (EAL) en el periodo de diseño aplicamos la te fórmula adjunta.

$$EAL(8.2 ton) = 365(IMD_{2E} * FD_{2E} + IMD_{3E} * FD_{3E} + IMD_{TYS} * FD_{TYS}) \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Donde:

$IMD_{2E}$  = Índice Medio Diario de Camiones de 2 ejes

$IMD_{3E}$  = Índice Medio Diario de Camiones de 3 ejes

$IMD_{TyST}$  = Índice Medio Diario de Camiones de TyST

$FD_{2E}$  =Factor Destructivo de Camiones de 2E

$FD_{3E}$  =Factor Destructivo de Camiones de 3E

$FD_{TyST}$  =Factor Destructivo de Camiones de TyST

$i$  = Tasa de crecimiento de los vehículos

$n$  =Periodo de Diseño

Para nuestro proyecto existe un solo tipo de vehículo pesado, diferentes índices y periodos de 1 año, por lo tanto la ecuación se reduce a:

$$EAL(8.2 \text{ ton}) = 365(IMD_{2E} * FD_{2E})$$

**Tabla 44.** Cálculo de ejes equivalentes de 18 000 lb.

AÑO	% Crecimiento	TPDA	EAL (8.2 Ton)	$W_{18}$
	CAMIONES	CAMIONES C-2G		
2,010	2.90%	26	5.00E+04	2.50E+04
2,011	2.90%	27	5.15E+04	2.57E+04
2,012	2.90%	28	5.29E+04	2.65E+04
2,013	2.90%	28	5.45E+04	2.72E+04
2,014	2.90%	29	5.61E+04	2.80E+04
2,015	2.90%	30	5.77E+04	2.88E+04
2,016	2.61%	31	5.92E+04	2.96E+04
2,017	2.61%	32	6.07E+04	3.04E+04
2,018	2.61%	32	6.23E+04	3.12E+04
2,019	2.61%	33	6.40E+04	3.20E+04
2,020	2.61%	39	7.46E+04	3.73E+04
2,021	2.38%	40	7.64E+04	3.82E+04
2,022	2.38%	41	7.82E+04	3.91E+04
2,023	2.38%	42	8.00E+04	4.00E+04
2,024	2.38%	43	8.19E+04	4.10E+04
2,025	2.38%	44	8.39E+04	4.19E+04

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Cálculo tipo: para el 2010.

$$EAL(8.2 \text{ ton}) = 365(IMD_{2E} * FD_{2E}) = 365(26 * 5.27) = 50012.30$$

$$W_{18} = Dd * DI * EAL = 0.5 * 1 * 50012.3018 = 25003.249$$

- **Nivel de confiabilidad ( $Z_R$ ).**- Es un factor de seguridad, en el cual se considera de acuerdo al tipo de vía y la zona donde se desarrolla.

Para nuestro diseño utilizaremos los valores de la siguiente tabla:

**Tabla 45.** Nivel de confiabilidad en función del tipo de vía.

CLASE DE VIA	NIVEL DE CONFIABILIDAD	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rutas interestatales y autopistas	85.00 - 99.90	80.00 - 99.90
Arterias principales	80.00 - 99.00	75.00 - 99.00
Colectoras	80.00 - 95.00	75.00 - 95.00
Locales	50.00 - 80.00	50.00 - 80.00

**Fuente:** Especificaciones AASHTO 93.

La vía en estudio es colectoras en zona rural por lo que tomamos un valor de nivel de confiabilidad del 75%.

Para determinar la desviación estándar utilizamos la tabla adjunta ingresando con el valor del nivel de confiabilidad de 75%.

**Tabla 46.** Desviación estándar en función del nivel de confiabilidad.

NIVEL DE CONFIABILIDAD	DESVIACIÓN ESTANDAR
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645
98	-2.054
99	-2.327
99,9	-3.09

**Fuente:** Especificaciones AASHTO 93

De la tabla obtenemos una desviación estándar de  $-0.674$

- **Error Estándar combinado.**- Para pavimentos flexibles y construcciones nuevas se recomienda utilizar valores que van desde  $0.35 - 0.40$ .

Asumiremos un valor de  $0.40$ .

- **Índice de Suficiencia o de Servicio ( $\Delta$ PSI).**- Varía de 0 a 5 la cual determina las condiciones del pavimento al término de la vida útil, en base a determinadas características físicas tales como huellas o surcos producidos por el tráfico, rugosidad de la superficie, grietas, etc. Se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_f$$

Donde;

$P_o$  = Índice de servicio Inicial, asumimos 4.5.

$P_f$  = Índice de Servicio Final, asumimos 2.5.

Por lo tanto el índice de servicio  $\Delta\text{PSI} = 2.0$

- **Módulo de Resiliencia de la subrasante ( $M_R$ ).**- Se determina mediante correlaciones con el C.B.R. con las siguientes expresiones de acuerdo al caso:

$$\text{C.B.R.} < 7,2\% \quad M_r(\text{p.s.i.}) = 1500 \times \text{CBR}$$

$$\text{Si C.B.R.} < 20\% \quad M_r(\text{p.s.i.}) = 3000 \times \text{CBR}^{0.65}$$

$$\text{Si C.B.R.} > 20\% \quad M_r(\text{p.s.i.}) = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$$

Debido a que nuestro CBR es menor al 20% utilizamos la segunda expresión:

$$M_r = 3000 \times \text{CBR}^{0.65}$$

$$M_r = 3000 \times (13)^{0.65}$$

$$M_r = 15892 \text{ psi}$$

Para nuestro caso con un CBR de diseño del 13%, nuestro Modulo de resiliencia de la subrasante será de 15892 psi.

- **Número Estructural (SN).**- Es la representación de la resistencia estructural de un pavimento con relación al valor soportante del suelo expresado en el modulo de resiliencia, índice de servicio, cargas equivalentes entre otros parámetros.

Para calcular el número estructural utilizamos la aplicación de la ecuación SN AASHTO93.-

**Figura 45.** Aplicación “Número Estructural - AASHTO 93”

**Elaborado por:** Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela, MANIZALES.

Procesando esta información tenemos el Número estructural requerido para 15 años.

NE = 1.33.

#### 8.4.7.4 CONVERSIÓN DE LOS NÚMEROS ESTRUCTURALES EN ESPESORES DE DISEÑO.

Para la transformación del número estructural a espesores utilizamos la siguiente expresión:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

$a_i$  = Coeficiente de la capa i

$D_i$  = Espesor de la capa i

$m_i$  = Coeficiente de drenaje de la capa i

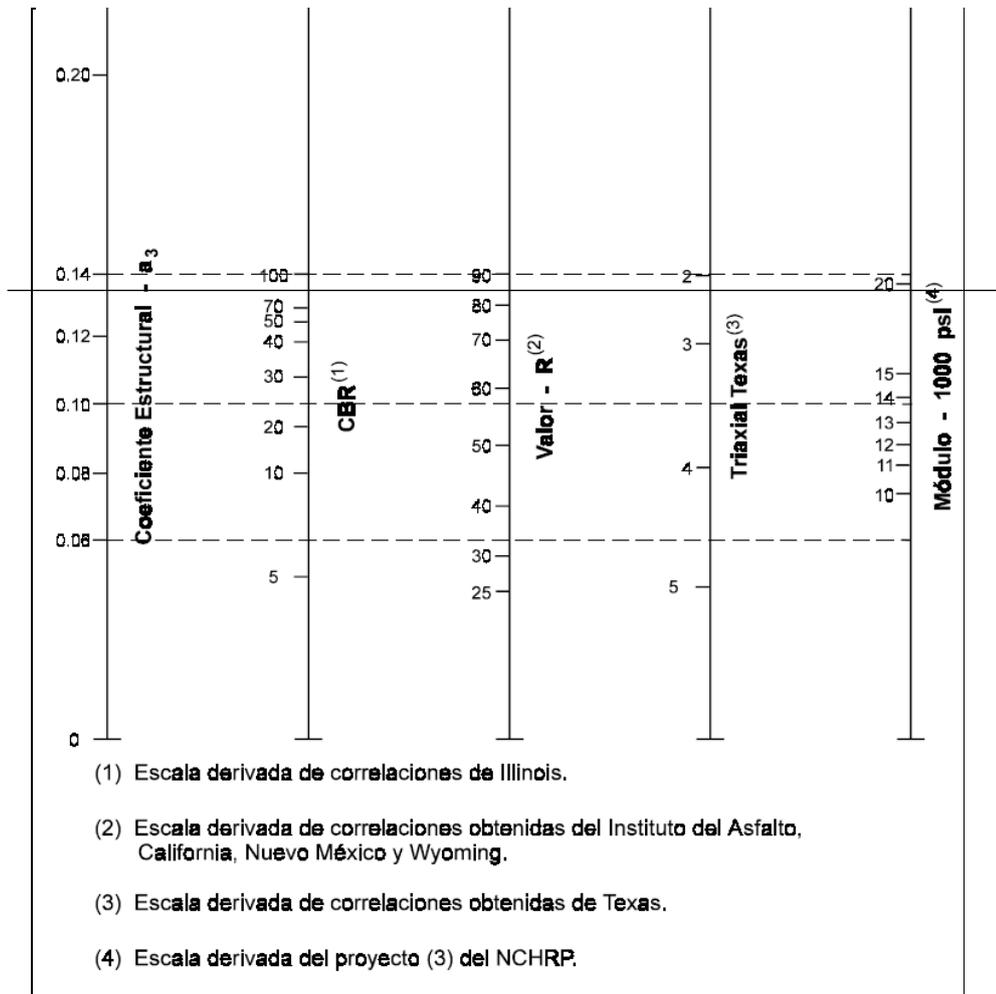
**a) Coeficientes estructurales de la resistencia del material utilizado en cada capa.**

Los coeficientes estructurales para los materiales pétreos para mezcla asfáltica se escogieron de la mina de Cerro Negro ubicada a 35 km cuyo CBR es de 84 %.

Para terminar los coeficientes de los materiales hacemos usos de los monogramas emitidas por la AASHTO.

**- Sub base Granular (a3).-**

Coeficiente estructural para la sub base con un C.B.R de 84 % es de  $a_3 = 0.14$  y modulo de resiliencia de 20 163 psi.

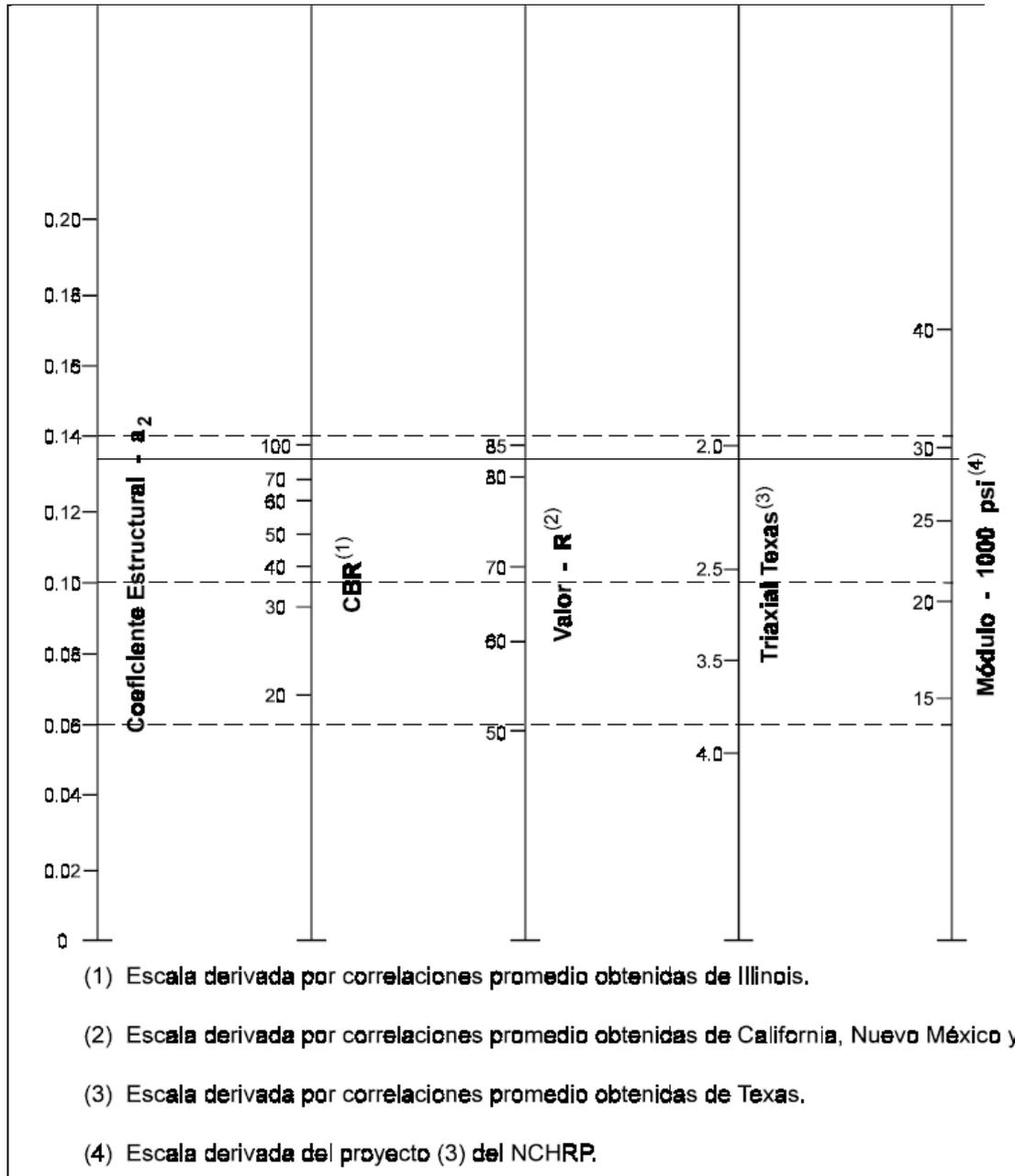


**Figura 46.** Variación de los coeficientes de capa “a3”, en subbases granulares.

**Fuente:** Normas AASHTO 93.

- **Base Granular (a2).**-

Coefficiente estructural para la Base es de  $a_2=0.138$ , para un C.B.R de 84% y  $MR = 20\ 163$  psi.

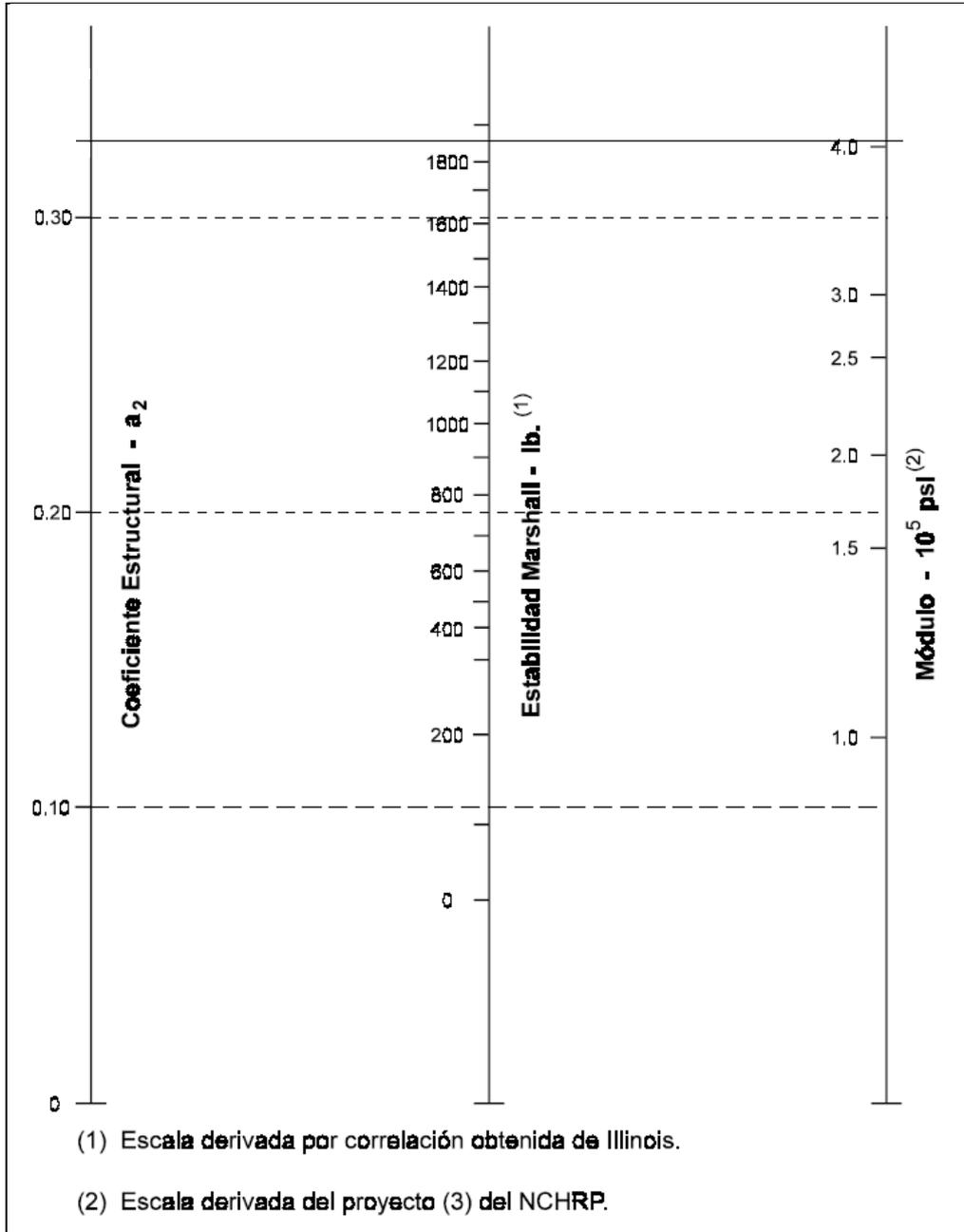


**Figura 47.** Variación de los coeficientes de capa “a2”, en bases granulares

**Fuente:** Normas AASHTO 93.

- **Carpeta Asfáltica (a1).**-

Considerando las características de los materiales recomendados para la carpeta asfáltica (Cerro Negro), y los ensayos realizados y aprobados por el Ministerio, el valor de Módulo de resiliencia es de 400000 psi, lo cual nos da un valor del coeficiente estructural para la capa asfáltica de 0.33.



**Figura 48.** Variación de los coeficientes de capa “a1”, en carpeta de asfalto

**Fuente:** Normas AASHTO 93.

**b) Coeficiente de drenaje.**

Asumiremos una calidad de drenaje regular, con un porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación de 5 - 25%, para las dos capas, por lo que el coeficiente de drenaje será m2 y m3 de 0.90 según la tabla adjunta.

**Tabla 47.** Factor de drenaje.

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menor 1%	1 – 5 %	5 -25%	Mayor 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,2
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,0
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,8
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,6
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,4

**Fuente:** HCPCH (Consejo Provincial de Chimborazo).

Con los datos anteriores se ha elaborado una hoja de cálculo para diseñar la estructura del pavimento flexible.

**Tabla 48.** Diseño de Pavimento Flexible.

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

VÍA GUALLAVÍ- TAUCAN, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

DATOS:					
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS):			15.00		
NUMERO DE EJES EQUIVALENTES $W_{18}$ :			41941.45		
NIVEL DE CONFIABILIDAD (%):			75.00		
DESVIACIÓN ESTANDAR ( $Z_r$ ):			-0.67		
ERROR ESTANDAR CONBINADO ( $S_o$ ):			0.40		
INDICE DE INSUFICIENCIA ( $\Delta$ PSI):			2.00		
Módulo de Resiliencia de los materiales			COEFICIENTES		COEFICIENTES DE
MATERIAL	CBR	$M_R$	ESTRUCTURALES (PSI)		DRENAJE
ASFALTO	-	400,000	a1:	0.330	m1: -
BASE	84	19,409	a2:	0.138	m2: 0.9
SUBBASE	84	19,409	a3:	0.134	m3: 0.9
SUBRASANTE	13	15,892			
LOG (EJES ACUMULADOS):			4.62		
NUMEROS ESTRUCTURALES REQUERIDOS:					
SUBRASANTE	SN1 =	1.320	COMPROBACIÓN:		4.62
BASE	SN2 =	1.21			4.62
SUBBASE	SN3 =	1.21			4.62
<i>El valor de la comprobación debe ser igual al valor del LOG(W18).</i>					
ESPESTORES:					
			$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$ $SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$ $D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$ $SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$ $D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$		
1) a, D, m, y SN corresponden a valores mínimos requere 2) $D^*$ y $SN^*$ representan los valores finales de diseño					
CAPAS DEL PAVIMENTO		VARIABLE		$D_i^1$ (pulg)	$D_i^1$ (cm)
CARPETA ASFALTICA		$D^*1$ $SN^*1$	0.66	3.67	2 5
BASE GRANULAR		$D^*2$ $SN^*2$	0.50	4.43	4 10
SUBBASE GRANULAR		$D^*3$ $SN^*3$	0.48	1.35	4 10
TOTAL			1.64	9	10 25

<sup>1</sup> Espesores mínimos adoptados.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Según nuestro calculo el espesor total de la estructura de pavimento flexible es 9 pulgadas, pero las especificaciones AASHTO recomienda 10 pulgadas, razón por la cual para nuestra vía asumiremos los espesores mínimos.

CAPA DE RODADURA = 5 CM

CAPA DE BASE = 10 CM

CAPA DE SUBBASE = 10 CM

#### **8.4.7.5 FUENTE DE MATERIALES.**

Los materiales propuestos, son de la mina de Cerro Negro de la ciudad de Riobamba.

**Ubicación:** Se encuentra en Riobamba a 30 Km. Del centro de gravedad de la vía

**Características:** Estos materiales corresponden a grava y arena heterogéneas.

**Volumen:** El volumen es indeterminado y puede cubrir las necesidades del proyecto en todas las etapas de la construcción.

**Uso:** El depósito puede servir para todo uso.

**Vías de Acceso:** Asfaltadas.

#### **8.4.8 SEÑALIZACIÓN<sup>24</sup>.**

La señalización deberá cumplir con las normas establecidas en el libro de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-Q01-F, capítulos 700 y 800 y con el Manual de Procedimiento para ubicación, colocación y mantenimiento de señales de tránsito, junio 1994.

Se clasifica en dos tipos de señales:

- Horizontales.
- Verticales.

##### **8.4.8.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL.**

Las señales serán de tres tipos: reglamentarias, de prevención e informativas. Para que puedan cumplir su misión en forma acertada, los dispositivos para regular el tránsito deben satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

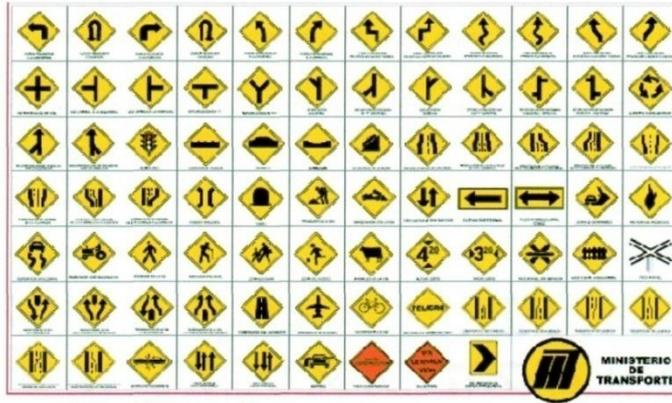
- Tienen que tener una función necesaria.
- Llamar la atención.
- Claros y sencillos.
- Dar tiempo para responder.

---

<sup>24</sup> PLANO DE SEÑALIZACIÓN, ADJUNTO ANEXOS.

**a) Señales preventivas.**

Las señales de prevención indican al usuario de la vía la presencia de condiciones peligrosas y su naturaleza. Pueden ser de forma cuadrada de 75 cm de lado y serán colocadas con la diagonal correspondiente en forma vertical.



**Figura 49.** Señales Preventivas.

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transportes y Obras Pública, 2002)

**b) Señales Reglamentarias.**

Las señales de reglamentación o reglamentarias tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía, las limitaciones, prohibiciones y restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican por el código general R seguido por un numero, deberán tener forma circular de 75 cm de diámetro, con fondo blanco, gráficos negros y orla con borde rojo, con excepción de la señal PARE que es octogonal con fondo rojo y letras blancas y al de CEDA EL PASO que es triangular y de borde rojo.



**Figura 50.** Señales Reglamentarias.

**Fuente:** MTOP (Ministerio de Transportes y Obras Pública, 2002)

### c) Señales Informativas.

Las señales de información o informativas tienen por objeto guiar al usuario de la vía dándole la información necesaria, en lo que se refiere a la identificación de las localidades, destinos, direcciones, sitios de interés especial, intersecciones y cruzamientos, distancias recorridas, prestación de servicios personales o automotores, etc. Estas se identifican con el código general E seguidas de un número de identificación.

Las señales informativas son de:

- Destino: previas y confirmativas.
- De ruta.
- Postes de kilometraje.
- Información general.



**Figura 51.** Señales Informativas.

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Obras Pública, 2002)

### 8.4.8.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.

La señalización horizontal está constituida por marcas viales que tienen como función complementar las regulaciones informaciones de otros dispositivos de tránsito, o transmitir mensajes sin distraer la atención del conductor.

La señalización horizontal propuesta en este proyecto, consta de:

- Marcas longitudinales centrales.
- Marcas longitudinales laterales.

## **8.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.**

La propuesta consiste en la elaboración de los diseños definitivos para la Vía Guallaví-Taucan del Cantón Riobamba para lo cual se ha dividido en los siguientes estudios:

- a) Estudio de Suelos para el diseño de pavimentos.
- b) Estudio Hidrológico e Hidráulico de drenajes menores.
- c) Diseño Geométrico (horizontal y vertical) de la vía.
- d) Diseño definitivo de drenajes menores.
- e) Diseño de señalización vial vertical y horizontal.
- f) Elaboración de planos constructivos completos.

Con todos estos componentes se procedió a calcular los volúmenes de obra para posterior realizar el estudio técnico-económico que comprende el presupuesto para construir la obra, y el análisis de factibilidad.

### **8.5.1 ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO.**

#### **8.5.1.1 ESTUDIOS ECONÓMICOS.**

El estudio económico se basa en la práctica y terminología nacional e internacional más difundida y utilizada, y con los criterios del sector público en la materia.

El precio unitario es el importante de la remuneración, o pago total, que debe cubrirse al contratista por unidad de obra realizada en un ítem de trabajo. La unidad de obra queda establecida y definida en las especificaciones, en los planos constructivos y en la información adicional para cada concepto del presupuesto. Costo es el impuesto monetario, gasto expedido, empleado o incurrido en forma inmediata o diferida, como contraprestación de un bien o servicio recibido o aplicado.

Se define como costo de construcción, a la suma de todos los costos, directos o indirectos, inherentes en la conversión de un plan de diseño, para materiales y equipamiento en un proyecto terminado, la suma de valor de campo, supervisión, administración, herramientas, gastos de oficina de campo, materiales y equipo.

La composición del precio unitario por lo general se acepta que tiene los siguientes rubros: Costo directo e indirectos.

a) **Costo directo.**- Son aquellos cargos relacionados o imputables, en forma inherente e indubitable, en la ejecución de un ítem. Están directamente involucrados en la ejecución física de una unidad de obra: materiales, labor, maquinaria, servicios, equipo instalado y herramientas.

**Tabla 49.** Lista de Materiales

DESCRIPCIÓN	UNID.	PRECIO UNIT	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Agregados P,treos	m3	12.00	2,020.83	24,249.96
Agua	m3	1.00	1,629.88	1,629.88
Arena	m3	8.00	980.4	7,843.20
Asfalto RC-2	Lt	0.34	31,426.50	10,685.01
Asfalto para recubrimiento	Lt	0.32	281.85	90.19
Cemento	kg	0.13	571,900.00	74,347.00
Cemento Asfáltico Grado 2	kg	0.34	230,952.48	78,523.84
Diesel	Lt	0.27	12,570.60	3,394.06
Diesel para secador y otros	Glb	1.04	12,991.08	13,510.72
Diluyente para pintura tráfico	Gl	8.50	13.90	118.15
Encofrado	m2	4.80	4,902.00	23,529.60
Material de base 4 (inc tran)	m3	4.80	3,840.39	18,433.87
Material para sub base clase 3	m3	3.80	4,303.89	16,354.78
Microesferas	kg	2.10	13.90	29.19
Pintura de tráfico reflectiva	Gl	18.00	139.05	2,502.90
Ripio	m3	12.00	1,470.60	17,647.20
Rótulo 0.75x0.75m (incl.poste	u	70.00	9.00	630
Rótulo D=0.75m (Incl. poste y	u	70.00	18.00	1,260.00
Rótulo de 1.20x0.60 (Incl.post	U	120.00	9.00	1,080.00
Tubería Metálica D=1.20m, e=2.5	ml	272.2	108.00	29,397.60
Tubería Metálica D=1.80m, e=2.5	ml	395.0	15.00	5,925.00

**TOTAL = 331,182.16**

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 50.** Transporte de Materiales

DESCRIPCIÓN	UNID.	PRECIO TRANSP	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Agregados Pétreos	m3	1.05	2,020.83	2,121.87
Arena	m3	10	980.4	9,804.00
Asfalto RC-2	Lt	0.04	31,426.50	1,257.06
Cemento	kg	0.01	571,900.00	5,719.00
Cemento Asfáltico Grado 2	kg	0.04	230,952.48	9,238.10
Material de base 4	m3	1.57	3,840.39	6,029.41
Material para sub base clase 3	m3	1.49	4,303.89	6,412.80
Ripio	m3	10	1,470.60	14,706.00

**TOTAL = 55,288.24****Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.**Tabla 51.** Lista de Mano de Obra

DESCRIPCIÓN	CAT.	SAL.REAL xHORA	HOR-HOMBRE	TOTAL
Licencia TIPO E	Chofe	2.63	347.94	915.08
Licencia TIPO D	Chofe	2.38	12.13	28.87
Peón	I	2.13	14,037.60	29,900.09
Ayudante Operador de Equipo li	II	2.13	51.78	110.29
Cadenero	III	2.13	300.37	639.79
Albañil	III	2.13	2,780.01	5,921.42
Carpintero	III	2.13	1,369.55	2,917.14
Pintor	III	2.13	45.89	97.75
Maestro de Obra	IV	2.13	1,384.92	2,949.88
Planta Asf ltica	OEPI	2.13	115.48	245.97
Cargadora Frontal	OEPI	2.13	217.23	462.7
Tractor Tiende Tubos	OEPI	2.13	15.25	32.48
Motoniveladora	OEPI	2.13	50.54	107.65
Rodillo Autopropulsado	OEPI	2.13	50.54	107.65
Motoniveladora	OEPI	2.13	75.09	159.94
Excavadora	OEPI	2.13	365.3	778.09
Barredora Tractor	OEPII	2.13	71.23	151.72
Rodillo Autopropulsado	OEPII	2.13	190.57	405.91
Distribuidor Asfalto	OEPII	2.13	71.23	151.72
Rodillo Tractor	OEPII	2.13	115.48	245.97
Franjeadora Tractor	OEPII	2.13	45.89	97.75
Acabadora Pavimento Asf ltico	OEPII	2.13	115.48	245.97
Ayudante Maquinaria	SI TI	2.13	1,294.13	2,756.50
Topógrafo 1	Topog	2.13	75.09	159.94

**TOTAL = 49,590.28****Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 52.** Lista de Equipo

DESCRIPCIÓN	COSTO x HORA	HORAS- EQUIPO	TOTAL
Camioneta	22.00	45.89	1,009.58
Cargadora 3.6m3 (960F)	30.00	228.38	6,851.40
Compactador	2.50	22.86	57.15
Concretera Isaco	3.75	1,369.55	5,135.81
Distribuidor de asfalto	35.00	71.23	2,493.05
Equipo de Pintura	14.00	45.89	642.46
Escoba mecánica autopropulsada	17.00	71.23	1,210.91
Excavadora 148HP (E240C)	45.00	318.87	14,349.15
Herramienta menor	0.50	1,936.08	968.04
Motoniveladora 140HP (130G)	45.00	206.96	9,313.20
Pavimentadora de asfalto 120H	45.00	115.48	5,196.60
Planta asfalto	100.00	115.48	11,548.00
Rodillo liso 150HP (CP563)	30.00	322.44	9,673.20
Rodillo neumático 77HP	30.00	115.48	3,464.40
Tanquero agua 8m3	25.00	206.96	5,174.00
Vibrador	3.00	1,369.55	4,108.65
Volqueta 20Ton (D20D)	25.00	336.19	8,404.75

**TOTAL = 89,600.35**

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- b) **Costos indirectos.**- Son los gastos que se realizan para la ejecución de un proyecto. Los costos indirectos comprenden:

**Tabla 53.** Cálculo de Costo Indirecto.

<b>Costo Directo</b>	<b>525798.46</b>	Dolares
COMPONENTES DEL COSTO INDIRECTO	VALOR	%
Dirección de Obra	15,773.95	3
Administrativos	10,515.97	2
Locales provisionales	1,577.40	0.3
Vehículos	7,361.18	1.4
Servicios Públicos	1,314.50	0.25
Promoción	262.90	0.05
Garantías	5,783.78	1.1
Seguros	525.80	0.1
Costos Financieros	525.80	0.1
Prevención de Accidentes	525.80	0.1
Tasas, Impuestos y Formalización del Contrato	34,176.90	6.5
Imprevistos	525.80	0.1
UTILIDAD	52,579.85	10
<b>TOTAL DE INDIRECTOS</b>	<b>131,449.62</b>	<b>25.0%</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**c) Presupuesto de Obra (APU) y Cronograma de Actividades.**

Después de haber determinado los volúmenes de obra<sup>25</sup>, se establecen los diferentes rubros, se realiza el análisis de precios unitarios<sup>26</sup> de cada uno de ellos, para finalmente multiplicar el precio unitario de cada rubro, por la cantidad de obra a ejecutar. Conocido el precio total de cada rubro se suman los valores y se obtiene el costo total de una obra.

El cronograma valorado de trabajo permite controlar el avance de la obra; también se puede controlar la inversión en función del tiempo.

**Tabla 54.** Presupuesto Referencial de Obra.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL.**

**PRESUPUESTO: MEJORAMIENTO DE LA VÍA GUALLAVÍ-TAUCAN DEL CANTÓN RIOBAMBA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	<b>OBRA BASICA</b>				
302-1	Desbroce y limpieza	Ha	2.320	323.75	751.10
303-2(1)	Excavación sin clasificar (en suelo)	m3	20,214.53	1.12	22,640.27
308-4(1)	Limpieza de derrumbes	m3	1,010.73	0.67	677.19
303-2(6)	Desalojo de material de excavación sobrante	m3/km	33,917.05	0.33	11,192.63
	<b>CALZADA</b>				
403-1(3)	Subbase Clase 3 inc. Transporte	m3	3,443.11	11.09	38,184.09
405(1)-1	Base Clase 4 inc. Transporte	m3	3,072.31	14.49	44,517.77
405-2(1)	Asfalto RC para imprimación (rta 1.35 lt/m2)	lt	41,902.00	0.59	24,722.18
405-5	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en Planta	m2	28,869.06	7.04	203,238.18
	<b>DRENAJE</b>				
301-2.06(1)a	Remoción tubería de hormigón	m3	81.60	12.99	1,059.98
307-2(1)	Excavación y relleno para obras de arte menor	m3	914.22	3.85	3,519.75
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 180 kg/cm2	m3	1,586.40	151.93	241,021.75
503 (5)a	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	47.60	158.76	7,556.98
307-3(1)b	Excavación para cunetas laterales	m3	567.57	6.56	3,723.26
602-(2A)a	Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,20 m – e=2.5 mm	ml	108.00	344.95	37,254.60
602-(2A)b	Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,80 m – e=2.5 mm	ml	15.00	498.75	7,481.25
	<b>SEÑALIZACIÓN</b>				
705-3(1)	Marcas de Pavimento (3 Líneas de Pintura)	ml	13,905.00	0.42	5,840.10
708-6	Señales Informativas 1.20x0.60 m	U	9.00	150.00	1,350.00
708-7	Señales Reglamentarias D=0.75 m	U	18.00	87.50	1,575.00
710	Señales Preventivas 0.75x0.75 m	U	9.00	87.50	787.50
					<b>657,093.58</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Son:** Seis cientos cincuenta y siete mil noventa y tres dólares con ocho centavos.

<sup>25</sup> VOLUMENES DE OBRA, ANEXOS

<sup>26</sup> ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, ANEXOS.

**Tabla 55. Cronograma valorado de Obra.**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	MESES				
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>								
Desbroce y limpieza	2.32	323.75	751.10	2.32				
				751.10				
Excavación sin clasificar (en suelo)	20,214.53	1.12	22,640.27	8,085.81	12,128.72			
				9,056.11	13,584.16			
Limpieza de derrumbes	1,010.73	0.67	677.19			1,010.73		
						677.19		
Desalojo de material de excavación sobrante	33,917.05	0.33	11,192.63	10,175.12	23,741.94			
				3,357.79	7,834.84			
<b>CONSTRUCCIÓN DE CALZADA</b>								
Subbase Clase 3 inc. Transporte	3,443.11	11.09	38,184.09		1,377.24	2,065.87		
					15,273.64	22,910.45		
Base Clase 4 inc. Transporte	3,072.31	14.49	44,517.77			1,536.16	1,536.16	
						22,258.89	22,258.89	
Asfalto RC para imprimación (rta 1.35 lt/m2)	41,902.00	0.59	24,722.18				16,760.80	25,141.20
							9,888.87	14,833.31
Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en Planta de 5 cm	28,869.06	7.04	203,238.18				11547.624	17321.436
							101,619.09	101,619.09
<b>SISTEMA DE DRENAJE</b>								
Remoción tubería de hormigón	81.60	12.99	1,059.98	81.60				
				1,059.98				
Excavación y relleno para obras de arte menor	914.22	3.85	3,519.75		274.266	639.954		
					1,055.92	2,463.82		
Hormigón simple f'c= 180 kg/cm2	1,586.40	151.93	241,021.75			634.56	951.84	
						96,408.70	144,613.05	
Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	47.60	158.76	7,556.98				28.56	19.04
							4,534.19	3,022.79
Excavación para cunetas laterales	567.57	6.56	3,723.26			283.785	283.785	
						1,861.63	1,861.63	
Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,20 m – e=2.5 mm	108.00	344.95	37,254.60		43.2	64.8		
					14,901.84	22,352.76		
Sumin. Y colocación tubería metálica D 1,80 m – e=2.5 mm	15.00	498.75	7,481.25			15.00		
						7,481.25		
<b>SEÑALIZACIÓN</b>								
Marcas de Pavimento (3 Líneas de Pintura)	13,905.00	0.42	5,840.10					13,905.00
								5,840.10
Señales Informativas 1.20x0.60 m	9.00	150.00	1,350.00					9.00
								1,350.00
Señales Reglamentarias D=0.75 m	18.00	87.50	1,575.00					18.00
								1,575.00
Señales Preventivas 0.75x0.75 m	9.00	87.50	787.50					9.00
								787.50
<b>Total Presupuesto</b>			<b>657,093.58</b>					
<b>Inversión por Periodo</b>				14,224.98	52,650.40	176,414.69	284,775.72	129,027.79
<b>Avance Parcial %</b>				2.16	8.01	26.85	43.34	19.64
<b>Inversión Acumulada</b>				14,224.98	66,875.38	243,290.08	528,065.79	657,093.58
<b>Avance Acumulado %</b>				2.16	10.18	37.03	80.36	100.00

**Elaborado por: Edin H. Quinzo C.**

### 8.5.1.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

#### a) INDICADORES CONVENCIONALES.

Se llaman a aquellos que utilizan para su obtención de resultados, básicamente los componentes de beneficios conocidos, como beneficios directos; entre estos tenemos los siguientes:

**a.1) El valor actual neto (VAN).**- Es el valor que se obtiene de comparar el flujo de beneficios netos para toda la vida útil del proyecto con los costos totales calculados para el proyecto.

$$B=Bi/(1+r)^n$$

$$C=Ci/(1+r)^n$$

Donde:

Bi=Beneficio del año base.

Ci=Costos del año base.

r=Tasa de interés vigente.

Si:

VAN > 0; Proyecto factible.

**a.2) La Tasa Interna de Retorno (TIR).**- Es la tasa de descuento que posibilita que el valor obtenido para el VAN se haga nulo, conocida también como tasa de oportunidad de uso del capital.

$$0= \sum Bi/(1+r)^n - \sum Ci/(1+r)^n$$

Si:

TIR > 12%; Proyecto factible.

**a.3) La Relación Beneficio/Costo (C/B).**- Es el coeficiente que se Obtiene de dividir los flujos de los beneficios actualizados para los costos totales del proyecto actualizados, con este indicador se mide la ganancia unitaria que el proyecto produce.

$$B/C = \frac{\sum Bt/(1+r)^n}{\sum Ct/(1+r)^n}$$

B/C > 1; Proyecto factible.

## **b) ANÁLISIS DE COSTOS.**

### **b.1) Costo de Construcción.**

El costo de construcción para el mejoramiento de la vía Guallaví-Taucan del cantón Riobamba es de 657,093.08 USD (SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL NONENTA Y TRES CON OCHO CENTAVOS DE DÓLAR).

### **b.2) Beneficios.**

Es factible realizar una valoración y cuantificación de la reducción de gastos de mantenimiento (gastos de viaje) de los automotores (combustible, neumáticos, lubricante, etc.) que circulan por esta vía, siendo necesario determinar el número de vehículos que transitan por esta vía, y estimamos la siguiente función lineal:

$$\text{Ahorro Total} = \text{Prom}_{\text{autom}} (\text{Año}) * S_{\text{manto}} (\$/ \text{ automoto})$$

Donde:

$\text{Prom}_{\text{autom}}$ : Promedio de automotores que transitan al año por la vía.

$S_{\text{manto}}$ : Disminución en gastos de mantenimiento del automotor anualmente, como consecuencia de la puesta en marcha del proyecto.

Dado que el promedio de ahorro anual estimado por automotor\*km es de \$1,10 (considerando que existe reducción en: gastos de viaje, combustible, neumáticos, lubricante, y sobre todo la disminución en distancia al destino) y el número de km en mal estado es de 4.63 se obtiene el ahorro del automotor.

$\text{Ahorrovehículo} = \text{número km mal estado recorrer} * \text{ahorro promedio anual}$

$\text{Ahorrovehículo} = \$ 5.10.$

De tal manera que el beneficio total generado por la disminución en gastos de mantenimiento de los automotores al año 2010 (año cero) es de \$117.113,54 y la proyección para los siguientes 15 años se realiza en base al crecimiento de tránsito vehicular, tendremos en el cuadro adjunto.

**Tabla 56.** Cálculo de Beneficios.

AÑOS	LIVIANOS	PESADOS	TRÁNSITO DIARIO VEHICULOS	TRÁNSITO ANUAL VEHICULOS	AHORRO PORMEDIO ANUAL	Km EN MAL ESTADO	AHORRO VEHÍCULO	BENEFICIO TOTAL
2010	37	26	63	22,995.00	1.10	4.63	5.09	117,113.54
2011	38	27	65	23,734.78	1.10	4.63	5.09	120,881.24
2012	40	28	67	24,498.53	1.10	4.63	5.09	124,770.99
2013	41	28	69	25,287.01	1.10	4.63	5.09	128,786.76
2014	42	29	72	26,101.05	1.10	4.63	5.09	132,932.66
2015	44	30	74	26,941.47	1.10	4.63	5.09	137,212.93
2016	45	31	76	27,723.01	1.10	4.63	5.09	141,193.31
2017	47	32	78	28,527.38	1.10	4.63	5.09	145,289.95
2018	48	32	80	29,355.25	1.10	4.63	5.09	149,506.27
2019	50	33	83	30,207.30	1.10	4.63	5.09	153,845.79
2020	51	39	90	32,783.40	1.10	4.63	5.09	166,965.86
2021	52	40	92	33,645.62	1.10	4.63	5.09	171,357.15
2022	54	41	95	34,530.67	1.10	4.63	5.09	175,864.73
2023	55	42	97	35,439.17	1.10	4.63	5.09	180,491.69
2024	57	43	100	36,371.73	1.10	4.63	5.09	185,241.21
2025	59	44	102	37,329.00	1.10	4.63	5.09	190,116.58

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

### b.3) Costos de Operación.

Los costos de operación sirven de instrumento de control y examen de la situación financiera, para introducir mejoras tendientes a aumentar la eficacia, controlar el trabajo del personal y material rodante, determinar la política administrativa de obtención de vehículos, ampliación y reducción de líneas, etc.

Para la determinación del recorrido medio anual se ha considerado una distancia de 12 km. Según las encuestas de Origen – Destino toda la actividad se realiza entre Riobamba y Cacha en promedio el transporte pesado realiza dos viajes diarios durante 6 días de lunes a sábado.

**Tabla 57.** Combustibles

Descripción	P.U (\$)	Unidad	Coficiente de Consumo*	Costo km \$/km	Recorrido Medio Anual	Costo anual por vehiculo \$/veh.
Diesel	1.04	Galón	0.11888	0.12364	13824.000	1709.1330
<b>TOTAL:</b>				<b>0.12364</b>		<b>1709.1330</b>

\* Concesionaria PANAVIAL.

Elaborado por: Edin H. Quinzo C.

**Tabla 58. Lubricantes y Otros**

Descripción	P.U (\$)	Unidad	Coefficiente de Consumo*	Costo km \$/km	Recorrido Medio Anual	Costo anual por vehículo \$/veh.
Aceite Motor (SAE30)	12	Galón	0.002061	0.024732	13824.000	341.8952
Aceite Caja de Cambios (SAE140)	12	Galón	0.001130	0.013560	13824.000	187.4534
Aceite Diferencial (SAE140)	12	Galón	0.000156	0.001872	13824.000	25.8785
Líquido de Frenos	32	Galón	0.000063	0.002016	13824.000	27.8692
Grasa (Negra para rulimán)	3	kilogramo	0.001000	0.003000	13824.000	41.4720
Matrícula	200	u	0.000005	0.001000	13824.000	13.8240
Batería	200	u	0.000012	0.002400	13824.000	33.1776
<b>TOTAL:</b>				<b>0.048580</b>		<b>671.5699</b>

\* Concesionaria PANAVIAL.

**Elaborado por: Edin H. Quinzo C.****Tabla 59. Sistema de Rodaje**

Descripción	P.U (\$)	Coefficiente de Utilización*	Número para vehículos	Costo km \$/km
Neumático Nuevo	452.48		6	2,714.88
Reencauches	169.69	2	6	2,036.28
Cámaras	30.00	2	6	360.00
Protectores	30.00	2	6	360.00
Costo total del S. Neumático (Dólar)				5,471.16
Kilometraje del Neumático Nuevo				40,000.0
Kilometraje del reencauchado				50,000.0
Vida Util Total				90,000.0
Costo/Km (dólar/km)				0.061
Costo anual/vehículo(dólar/año/veh)				<b>13,824.06</b>

\* Concesionaria PANAVIAL.

**Elaborado por: Edin H. Quinzo C.****Tabla 60. Lavado.**

Descripción	P.U (\$)	Unidad	Coefficiente de Consumo	Costo km \$/km	Recorrido Medio	Costo anual por vehículo
Agua para lavado	1.02	m3	0.008256	0.008421	13824.000	116.41356
Detergentes	1.00	gramos	0.000256	0.000256	13824.000	3.53894
Lavado General	20.00	u	0.000092	0.001840	13824.000	25.43616
<b>TOTAL:</b>				<b>0.010517</b>		<b>145.3887</b>

\* Concesionaria PANAVIAL.

**Elaborado por: Edin H. Quinzo C.****Tabla 61. Costos Variables**

DESCRIPCIÓN	\$/año	\$/km
COMBUSTIBLE	1709.1330	0.12364
LUBRICANTES Y OTROS	671.5699	0.04858
SISTEMA DE RODAJE	13824.0608	0.06079
LAVADO	145.3887	0.01052
<b>TOTAL:</b>	<b>16350.1524</b>	<b>0.24352</b>

**Elaborado por: Edin H. Quinzo C.**

**Tabla 62.** Depreciación del Vehículo.

Vida útil del vehículo	12	años
Valor residual	20	%
Recorrido Promedio Anual (RPA)	13824.000	km
Precio del vehículo con sist. Rodaje	75,000.00	\$
Precio total del sistema rodaje	3075	\$
Precio del vehículo sin sist. Rodaje	71,925.00	\$
Depreciación anual	4795.00	\$
Costo/km	0.35	\$

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 63.** Mano de Obra Operacional.

Descripción	Sueldo Promedio	Sueldo Anual	Factor Utilización*	Costo/veh/año	Costo/km
Chofer	300.00	3600.00	1	3600.00	0.26
Ayudante	240.00	2880.00	1	2880.00	0.21
<b>TOTAL:</b>				<b>6,480.00</b>	<b>0.47</b>

\* Concesionaria PANAVIAL.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 64.** Gastos de Presupuesto y Accesorios

% sobre costo veh nuevo	0.6	%
Costo/veh/año	3,375.00	\$
Costo/km	0.24	\$

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 65.** Gastos Administrativos

Tasa municipal		
Costo/veh/año	250.00	\$
Costo/km	0.02	\$

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 66.** Costos Fijos

DESCRIPCIÓN	\$/año	\$/km
DEPRECIACION DEL VEHICULO	4,795.00	0.35
MANO DE OBRA OPERACIONAL	6,480.00	0.47
GASTOS DE REPUESTOS Y ACCESORIOS	3,375.00	0.24
GASTOS ADMINISTRATIVOS	250.00	0.02
<b>TOTAL:</b>	<b>14,900.00</b>	<b>1.08</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 67.** Costo Operación

<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>	<b>\$/año</b>	<b>\$/km</b>
COSTOS VARIABLES	16,350.15	0.24352
COSTOS FIJOS	14,900.00	1.08
<b>TOTAL:</b>	<b>31,250.15</b>	<b>1.32136</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 68.** Costos Operación para 4.63 km.

<b>RUBRO</b>	<b>\$/km</b>	<b>KM</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Operación	1.32	4.63	<b>6.12</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

#### **b.4) Costos Mantenimiento.**

Las actividades de Mantenimiento reducen los costos de operación con maquinaria pesada y genera fuentes de trabajo al captar la mano de obra no calificada de la zona. También los comuneros se apoderan del proyecto y cuidan la vía.

##### **- Salarios**

Es necesario contar con personal que se encargará del mantenimiento de la vía. Los requerimientos del personal durante el período para el cual está diseñado el proyecto, así como los costos que implica su contratación, debemos tomar en cuenta que las microempresas solo trabajan medio tiempo y en contratos anuales.

**Tabla 69.** Salarios.

<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SALARIO MENSUAL</b>	<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>TOTAL AÑO</b>
Administrador	1.00	109.00	109.00	1,308.00
Microempresarios	2.00	109.00	218.00	2,616.00
Inspector de obra	1.00	240.00	240.00	2,880.00
Operadores	4.00	180.00	720.00	8,640.00
<b>TOTAL</b>				<b>15,444.00</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- **Insumos de Oficina.**

El proyecto para su administración requerirá de insumos de oficina.

**Tabla 70.** Costos de Insumos para Oficina

<b>RUBRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U</b>	<b>P. TOTAL</b>
Materiales de Oficina	12.00	18.00	216.00
<b>TOTAL</b>			<b>216.00</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

- **Herramientas.**

El personal que va a realizar el mantenimiento de la vía necesitará de herramientas básicas que le permitan cumplir con su trabajo.

**Tabla 71.** Costos por herramientas

<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>	<b>C.U</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Carretilas	unidad	4.00	2.00	35.00	70.00
Palas	unidad	4.00	2.00	7.00	14.00
Picos	unidad	4.00	2.00	7.00	14.00
Azadones	unidad	4.00	2.00	7.50	15.00
Guantes	pares	4.00	1.00	5.00	20.00
Otros materiales (10%)	unidad				13.30
<b>TOTAL</b>					<b>146.30</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Resumiendo, los costos de Mantenimiento serán:

**Tabla 72.** Costos de Mantenimiento

<b>RUBRO</b>	<b>COSTO</b>
Salarios	15,444.00
Insumos de Oficina	216.00
Herramientas	146.30
<b>TOTAL</b>	<b>15,806.30</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Lo que da como resultado un costo neto de 3,410.20 USD por km por año.

Resumiendo, los costos de Operación y Mantenimiento serán:

**Tabla 73.** Costos de Operación y Mantenimiento

Costos de Operación	6.12
Costos de Mantenimiento	15,806.30
<b>TOTAL</b>	<b>15,812.42</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

Con los datos anteriores procedemos a calcular el flujo económico:

**Tabla 74.** Flujo Económico de Proyecto

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>DIFERENCIA</b>
	Inversión		
0	0.00	657,093.08	-657,093.08
	Beneficios		
		Op y Ma.	
1	120,881.24	15,812.42	105,068.83
2	124,770.99	15,812.42	108,958.58
3	128,786.76	15,812.42	112,974.35
4	132,932.66	15,812.42	117,120.24
5	137,212.93	15,812.42	121,400.51
6	141,193.31	15,812.42	125,380.89
7	145,289.95	15,812.42	129,477.53
8	149,506.27	15,812.42	133,693.85
9	153,845.79	15,812.42	138,033.37
10	166,965.86	15,812.42	151,153.45
11	171,357.15	15,812.42	155,544.73
12	175,864.73	15,812.42	160,052.31
13	180,491.69	15,812.42	164,679.27
14	185,241.21	15,812.42	169,428.80
15	190,116.58	15,812.42	174,304.16

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

**Tabla 75.** Indicadores Económicos.

<b>INDICADORES</b>	<b>VALOR</b>
VAN =	\$ 211,891.83
TIR <sub>E</sub> =	17.14%
B/C =	1.28
<b>BENEFICIO ACTUAL</b>	<b>\$ 976,681.14</b>
<b>COSTO ACTUAL</b>	<b>\$ 764,789.31</b>

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

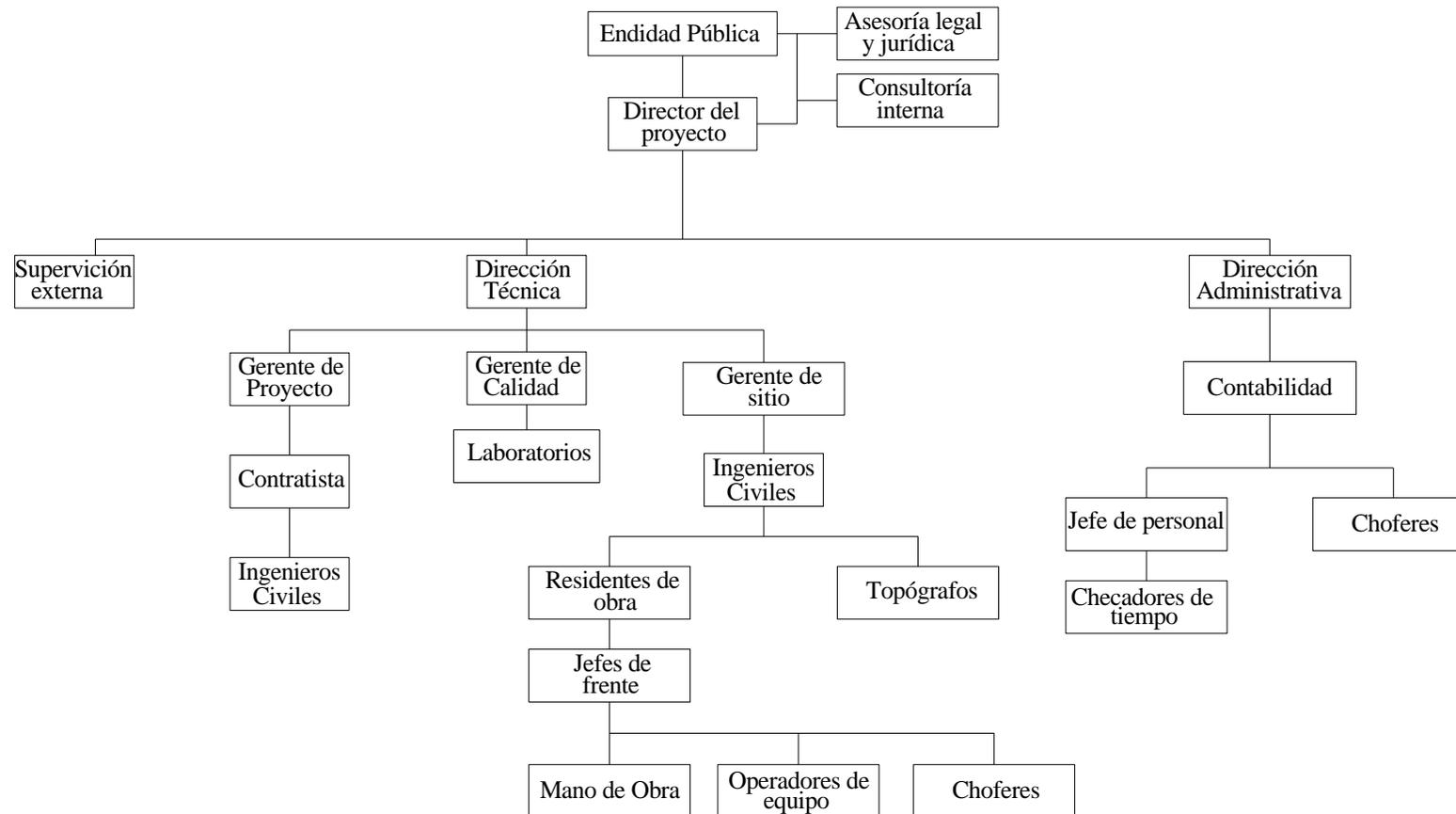
El Valor Actual Neto obtenido es \$ 211 932.13 el cual es positivo puesto que el valor actual de la corriente de los ingresos (beneficios) es mayor al valor actual de la corriente de los costos, lo que significa, que los beneficios superan los costos a esa tasa de actualización por ende el presente proyecto se considera viable.

Se ha obtenido una tasa interna de retorno de 17.14%, la misma que es mayor a la tasa de actualización (12%), lo que quiere decir, que el proyecto es económicamente viable.

La relación Beneficio – Costo obtenida es de 1.28 la cual es mayor a 1.00, lo que indica que el valor actual de los ingresos (beneficios) es superior al valor actual de los costos, resultando ser un proyecto viable.

Los resultados obtenidos en el Flujo Económico indican que el presente proyecto es económicamente viable y ejecutable, por ser un proyecto de corte social que no se puede hablar de recuperación de la inversión, ni rentabilidad, pero se es preciso resaltar que el proyecto tiene la capacidad de generar bienestar social para el sector beneficiado y la provincia de Chimborazo.

## 8.6 DISEÑO ORGANIZACIONAL.



**Figura 52.** Organigrama de una entidad Pública.

**Elaborado por:** Edin H. Quinzo C.

## **8.7 EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA PROPUESTA.**

### **8.7.1 EVALUACIÓN**

En los países en vías de desarrollo como el nuestro, donde los recursos disponibles son sumamente escasos, es muy importante que los proyectos de inversión pública logren las metas y objetivos para los cuales fueron diseñados.

La evaluación se realiza en base a un plan operativo mediante los siguientes pasos:

- 1) Identificación de las actividades y tareas.-** Con el fin de mantener un mayor orden en el desarrollo del proyecto, es necesario ordenar las actividades según líneas de acción, desagregar las actividades en tareas, codificarlas y dar una breve descripción de cada una.
- 2) Calendario de actividades.-** Estimar la duración de cada actividad y tarea del proyecto. Definir el calendario de trabajo, es decir, la duración, fecha de inicio y de término de cada tarea y actividad del proyecto.
- 3) Identificación de las metas.-** Ubicar las metas señaladas para cada actividad y tarea.
- 4) Responsables.-** Especificar el nombre de la entidad y personas responsables de la ejecución de cada una de las actividades o tareas.
- 5) Resumen Financiero.-** Es necesario detallar el aporte de cada una de las entidades: el Estado y los beneficiarios, en caso existiera otra entidad financiera se debe especificar; además se debe detallar el costo total de cada actividad y tarea.

### **8.7.2 MONITOREO**

El monitoreo es una forma permanente de verificar los cambios producidos sobre la realidad inicial en la cual se ha querido actuar, nos permite verificar y corregir, cuando se crea conveniente, la forma en que se asignan los recursos.

Se sigue los siguientes pasos:

#### **1) Identificación de la actividad.**

- **Calendario.-** Fecha de inicio real de cada una de las actividades, el tiempo estimado de fin de la actividad y la fecha de entrega.

- **Localización.-** Mencionar los departamentos, distritos y/o provincias que se encuentren bajo el área de influencia específica de la actividad y/o tareas.
- 2) **Actividades y tareas:** Indicar la actividad y tareas planificadas para el periodo de medición. Es importante especificar aquellas actividades y tareas ejecutadas durante este periodo, así como la cuantificación de su avance o cumplimiento con relación al Plan Operativo.
- **Observaciones.-** Es necesario señalar las dificultades encontradas o situaciones imprevistas indicando de qué manera afectaron las actividades planificadas del periodo y qué cambios podrían originar en el siguiente.
- 3) **Informe financiero.-** Indicar el presupuesto estimado de cada una de las fuentes de financiamiento, y precisar el monto de los desembolsos efectuados hasta la fecha de la evaluación.
- Se debe estimar además la Tasa de Cumplimiento. Esta tasa va a ayudar a visualizar claramente el avance en términos económicos de cada una de las actividades y/o tareas.
- 4) **Resumen del estado de las actividades.-** Problemas principales que afectan la ejecución de la actividad y tareas. identifiquen las acciones que se requieren para enfrentar los principales problemas: quien es básicamente responsable por llevar a cabo las acciones, el calendario para su adopción (fechas de adopción de las acciones).
- 5) **Recolección de la Información.-** Es necesario definir la información que se necesita recopilar en cada actividad y/o tarea del proyecto a través de un indicador. Además es necesario especificar los métodos de recolección de datos, con sus respectivas fuentes de información (información sobre la base de informes existentes).
- 6) **Planificación.-** Es necesario indicar las actividades correspondientes al siguiente periodo teniendo en consideración el Plan Operativo. En caso de posibles modificaciones, fundamentarlas.

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

1. COSTOS DE LA CONSTRUCCIÓN, (2010). Cámara de la Construcción de Riobamba.
2. DATOS DE POBLACIÓN, (2001). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, Página Web, Quito – Ecuador.
3. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES, (2000), CORPECUADOR. Quito – Ecuador.
4. GUÍA HIDRÁULICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE EN CAMINOS RURALES, (2004). República de Nicaragua: Programa de Apoyo al sector Transporte (PAST – DANIDA).
5. HIDROLOGÍA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, (2007). Centro de Asesoría e Investigaciones Sociales “JULIAN QUITO”, Riobamba – Ecuador.
6. INECCEL. Método AASHTO aplicado al Ecuador. Diseño de pavimentos flexibles, Quito.
7. MANUAL PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, Guía para la Evaluación Superficial (2008). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. República del Perú del MTC.

8. MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS, (2003). Ministerio de Transporte y Obras Públicas. República del Ecuador. MOP-001
9. MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, (2008), Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. República del Perú. DG-2001 del MTC.
10. MANUAL DE ENSAYO DE SUELOS Y MATERIALES, (1982). Departamento de Geotecnia. Riobamba - Ecuador.
11. MANUALES SOFTWARE, (2009). Autodesk Land Desktop Civil 3D, aplicado a la Topografía y Diseño Vial.
12. MAPAS GEOLÓGICOS, Departamento de Geología y Minas ECUACERÁMICA, Escala 1:2500. Riobamba – Ecuador.
13. NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES, (2003). “T.A.M.S. – ASTEC”, Consorcio de Consultores “LOUIS BERGER INTERNACIONAL, INC. (New Jersey, USA) - PROTECVIA CIA. LTDA. (Quito-Ecuador)”.
14. PLAN VIAL PARTICIPATIVO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, (2010). H. Consejo Provincial de Chimborazo.
15. VEN TE, Chow. (1982) Hidráulica de los canales abiertos. Editorial Diana. México.

## **X. ANEXOS**

1. Modelo: Encuestas de Origen-Destino.
2. Modelo: Contero de Tráfico.
3. Modelo: Encuestas Domiciliarias.
4. Oficios.
5. Resultados: Estudios de Suelos.
6. Reportes: Diseño geométrico.
7. Volúmenes de Obra.
8. Análisis de Precios Unitarios.
9. Planos No 1-5: Evaluación del estado actual.
10. Planos No 1-11: Diseños definitivos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
I. RESUMEN.....	viii
SUMMARY .....	ix
II. INTRODUCCIÓN .....	1
III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
3.2 EVALUACIÓN VIAL.....	11
IV. METODOLOGÍA.....	20
4.1 TIPO DE ESTUDIO.....	20
4.2 POBLACIÓN MUESTRA.....	20
4.3 PROCEDIMIENTOS.....	20
4.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	25
V. RESULTADOS.....	39
5.1 INVENTARIO Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL.....	39
5.2 EVALUACIÓN DE GEOMETRIA DE LA VÍA EXISTENTE.....	40
5.3 DOCUMENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ...	41
5.4 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS.....	41
VI. DISCUSIÓN.....	46

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
7.1 CONCLUSIONES .....	48
7.2 RECOMENDACIONES.....	50
VIII. PROPUESTA.....	51
8.1 TITULO DE LA PROPUESTA.....	51
8.2 INTRODUCCIÓN. ....	51
8.3 OBJETIVOS .....	52
8.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA-TÉCNICA Y DESARROLLO.....	52
8.4.1 DATOS GENERALES. ....	52
8.4.2 GEOLOGÍA. ....	56
8.4.3 ESTUDIO DE SUELOS.....	58
8.4.4 DISEÑO GEOMÉTRICO. ....	65
8.4.5 DIAGRAMA DE MASAS.....	79
8.4.6 DRENAJE. ....	80
8.4.7 PAVIMENTO.....	99
8.4.8 SEÑALIZACIÓN.....	113
8.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	116
8.5.1 ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO.....	116
8.6 DISEÑO ORGANIZACIONAL.....	131
8.7 EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA PROPUESTA. ....	132
8.7.1 EVALUACIÓN.....	132
8.7.2 MONITOREO .....	132
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	134
X. ANEXOS .....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Inicio de la vía, Barrio Guallaví.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. Capa de Rodadura .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Levantamiento Topográfico.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4. Cunetas Laterales.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 5. Alcantarillas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Vehículo tipo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Ventana para importar puntos.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Ventana para crear superficies.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9. Ventana para crear curvas de nivel.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Levantamiento topográfico tramo final.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11. Ventana para crear ancho de vía.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Ventana para el abscisado y etiquetado de curvas.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Ventana para crear perfiles de alineamientos horizontales.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Ventana para crear curvas verticales.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 15. Resultados del Inventario Superficial.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16. Alternativa 1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17. Alternativa 2 .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18. Ubicación de la vía Guallaví-Taucan.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19. Población por sexo del Cantón Riobamba.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20. Producción agrícola de la zona.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 21. Actividad Minera .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 22. Geología del área de influencia.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 23. Perfil Litológico Vía Guallaví-Taucán.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 24. Excavación de Calicatas.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 25. Toma de muestras.....</i>	<i>60</i>

<i>Figura 26. Medición del Esponjamiento.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27. Ensayo Marshall.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 28. Elementos de la curva circular simple.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29. Giro de peralte alrededor del eje.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 30. Esquema para determinar el sobreecho de un carril.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 31. Transición de peralte y sobreecho.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 32. Elementos de la curva vertical.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 33. Tipos de curvas verticales.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 34. Curva asimétrica.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 35. Sección transversal tipo.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 36. Curva de masas tipo.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 37. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, Zona 16.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 38. Cuneta típica lateral al pie de talud.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 39. Cuneta típica lateral de relleno.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 40. Longitud máxima de descarga cuneta lateral en corte.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 41. Longitud máxima de descarga cuneta lateral en relleno.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 42. Dimensiones de la cuneta de coronación tipo.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 43. Ubicación de la cuneta de coronación.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 44. Curva FRECUENCIA vs C.B.R.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 45. Aplicación “Número Estructural - AASHTO 93”.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 46. Variación de los coeficientes de capa “a3”, en subbases granulares.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 47. Variación de los coeficientes de capa “a2”, en bases granulares.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 48. Variación de los coeficientes de capa “a1”, en carpeta de asfalto.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 49. Señales Preventivas.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 50. Señales Reglamentarias.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 51. Señales Informativas.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 52. Organigrama de una entidad Pública.....</i>	<i>131</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Conteo de tráfico manual.</i>	33
<i>Tabla 2. Tráfico existente</i>	34
<i>Tabla 3. Totales encuestas origen destino.</i>	34
<i>Tabla 4. Tráfico desviado.</i>	34
<i>Tabla 5. Totales encuestas domiciliarias.</i>	35
<i>Tabla 6. Tráfico inducido</i>	35
<i>Tabla 7. TPDA ACTUAL.</i>	35
<i>Tabla 8. Tasas de crecimiento anual de tráfico vehicular.</i>	36
<i>Tabla 9. Cálculo del TPDA futuro.</i>	36
<i>Tabla 10. Clasificación de la vía en función del TPDA futuro.</i>	37
<i>Tabla 11. Valores de diseño recomendados para caminos vecinales.</i>	38
<i>Tabla 12. Curvas circulares fuera de norma.</i>	40
<i>Tabla 13. PVI fuera de norma.</i>	41
<i>Tabla 14. Presupuesto referencial alternativa 1.</i>	42
<i>Tabla 15. Presupuesto referencial alternativa 2.</i>	44
<i>Tabla 16. Población Barrio Guallaví.</i>	54
<i>Tabla 17. Población Comunidad Taucán.</i>	54
<i>Tabla 18. Población Comunidad Parroquia Cacha.</i>	55
<i>Tabla 19. Gradiente longitudinal (i).</i>	70
<i>Tabla 20. Valores de sobreanchos.</i>	73
<i>Tabla 21. Valores de gradientes longitudinales máximas.</i>	74
<i>Tabla 22. Valores mínimos de diseño del coeficiente “k”</i>	77
<i>Tabla 23. Valores mínimos de diseño del coeficiente.</i>	79
<i>Tabla 24. Información meteorológica Riobamba – Aeropuerto (M-057).</i>	83
<i>Tabla 25. Cálculo de coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie.</i>	84

<i>Tabla 26. Coeficientes de escorrentía según la pendiente del terreno.</i>	84
<i>Tabla 27. Intensidades máximas de lluvia.</i>	85
<i>Tabla 28. Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.</i>	87
<i>Tabla 29. Coeficiente de Rugosidad “n”</i>	87
<i>Tabla 30. Longitud máxima de descarga de cuneta lateral en corte.</i>	91
<i>Tabla 31. Longitud máxima de descarga cuneta lateral al pie del talud.</i>	93
<i>Tabla 32. Cálculo de caudales de las cuencas hidrográficas.</i>	96
<i>Tabla 33. Cálculo de caudales de las cuencas que aportan a las quebradas.</i>	96
<i>Tabla 34. Cálculo de caudales de los taludes de corte y cunetas.</i>	96
<i>Tabla 35. Cálculo de caudales de diseño.</i>	97
<i>Tabla 36. Cálculo de diámetro para tuberías de descarga de alcantarillas.</i>	97
<i>Tabla 37. Propuesta del drenaje transversal.</i>	98
<i>Tabla 38. Propiedades tubería de alcantarilla tipo Armex.</i>	98
<i>Tabla 39. Valores de C.B.R de la Subrasante.</i>	100
<i>Tabla 40. Cálculo de Frecuencias.</i>	100
<i>Tabla 41. Factores de daño según tipo de vehículo.</i>	102
<i>Tabla 42. Factores de distribución por dirección.</i>	103
<i>Tabla 43. Factores de distribución por carril.</i>	103
<i>Tabla 44. Cálculo de ejes equivalentes de 18 000 lb.</i>	104
<i>Tabla 45. Nivel de confiabilidad en función del tipo de vía.</i>	105
<i>Tabla 46. Desviación estándar en función del nivel de confiabilidad.</i>	105
<i>Tabla 47. Factor de drenaje.</i>	111
<i>Tabla 48. Diseño de Pavimento Flexible.</i>	112
<i>Tabla 49. Lista de Materiales</i>	117
<i>Tabla 50. Transporte de Materiales</i>	118
<i>Tabla 51. Lista de Mano de Obra</i>	118
<i>Tabla 52. Lista de Equipo</i>	119

<i>Tabla 53. Cálculo de Costo Indirecto.</i>	119
<i>Tabla 54. Presupuesto Referencial de Obra.</i>	120
<i>Tabla 55. Cronograma valorado de Obra.</i>	121
<i>Tabla 56. Cálculo de Beneficios.</i>	124
<i>Tabla 57. Combustibles</i>	124
<i>Tabla 58. Lubricantes y Otros</i>	125
<i>Tabla 59. Sistema de Rodaje.</i>	125
<i>Tabla 60. Lavado.</i>	125
<i>Tabla 61. Costos Variables.</i>	125
<i>Tabla 62. Depreciación del Vehículo.</i>	126
<i>Tabla 63. Mano de Obra Operacional.</i>	126
<i>Tabla 64. Gastos de Presupuesto y Accesorios</i>	126
<i>Tabla 65. Gastos Administrativos.</i>	126
<i>Tabla 66. Costos Fijos</i>	126
<i>Tabla 67. Costo Operación.</i>	127
<i>Tabla 68. Costos Operación para 4.63 km.</i>	127
<i>Tabla 69. Salarios.</i>	127
<i>Tabla 70. Costos de Insumos para Oficina.</i>	128
<i>Tabla 71. Costos por herramientas.</i>	128
<i>Tabla 72. Costos de Mantenimiento</i>	128
<i>Tabla 73. Costos de Operación y Mantenimiento.</i>	129
<i>Tabla 74. Flujo Económico de Proyecto</i>	129
<i>Tabla 75. Indicadores Económicos.</i>	129

## **I. RESUMEN**

La elaboración de la presente tesis tiene por objeto investigar si la apertura de la vía existente Guallaví – Taucan del Cantón Riobamba se realizó mediante un estudio técnico, lo cual se verifico mediante oficios a entidades públicas de la jurisdicción correspondiente.

La evaluación de la vía se ha realizado, enfocándose en dos aspectos principales: evaluación superficial y evaluación del diseño geométrico; mediante inventarios y software avanzados.

Una vez que se detecto las falencias en base a las Normas del Ministerio de Transporte y Obras Publicas, se propuso el análisis de dos alternativas de solución a los problemas que ocasiona actualmente la vía y posteriormente se realizó los diseños definitivos de mejoramiento de los componentes viales en los que consta: diseño geométrico, sistema de drenaje y la estructura del pavimento; tomando en cuenta el tipo de vía.

Para que se pueda ejecutar la propuesta fue necesario realizar el estudio económico, donde se determino la factibilidad del proyecto.

## **SUMMARY**

The elaboration of the present thesis has for object to investigate if the opening of the existent road Guallavi - Taucan of the Canton Riobamba was carried out by means of a technical study, that which I verified by means of occupations to public entities of the corresponding jurisdiction.

The evaluation of the road has been carried out, being focused in two main aspects: superficial evaluation and geometric design evaluation; by means of inventories and advanced software.

Once I detected the wrongs based on the Norms of the Ministerio de Transporte y Obras Publicas, I purposed the analysis of two problem solutions alternatives that it causes the road at the moment and later I was carried out the definitive designs of improvement of the way component in those that it consists: geometric design, drainage system and the structure of the pavement; taking into account the type of the way.

So that you can execute the proposal it was necessary to carry out the economic study, where you determinate the feasibility of the project.