



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

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

**TRABAJO DE GRADUACION**

**“EVALUACION DE LA VIA SAN ISIDRO – PUENTE DE GUANO  
(UBICADO EN EL SECTOR DEL BARRIO LA NUBE), PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO “**

**AUTORES:**

ANDRES MAURICIO ALULEMA ANDRADE

YESSSENIA DOLORES GOMEZ DELGADO

**DIRECTOR:**

ING. ANGEL PAREDES

**Riobamba, Enero del 2011**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de **EVALUACION DE LA VIA SAN ISIDRO – PUENTE DE GUANO (UBICADO EN EL SECTOR DEL BARRIO LA NUBE), PROVINCIA DE CHIMBORAZO** presentado por: **ANDRES MAURICIO ALULEMA ANDRADE Y YESSERIA DOLORES GOMEZ DELGADO** y dirigida por el: **ING. ANGEL PAREDES**. 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.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----  
**Firma**

**Ing. Angel Paredes.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

-----  
**Firma**

**Ing. Tito Castillo**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

-----  
**Firma**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Andrés Mauricio Alulema Andrade y Yessenia Dolores Gómez Delgado y del Director del Proyecto; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.

## **AGRADECIMIENTO**

“A Dios por darnos la vida, a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirnos sus puertas al conocimiento y Finalmente a todos nuestro profesores en especial al Ing. Ángel Paredes por ser nuestro Tutor y guía para la culminación de nuestra Tesis”.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud, vida e inteligencia para desarrollar este proyecto.

En segundo lugar, a mi hija y esposo, ya que por ellos me esforzado.

En tercer lugar, agradezco a mis padres ya que siempre han estado apoyandome para la elaboracion de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, a mis Padres Luis y Margarita, a mis Hermanos Gabriel y Paola, a mi Sobrina Andrea, y a mi Novia Jessica, por el apoyo que me han brindado en la realizacion y culminacion de este proyecto, y agradecerles por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera estudiantil.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL 6

ÍNDICE DE FIGURAS 9

ÍNDICE DE TABLAS 110

**1. RESUMEN** 1

SUMARY 2

**2. INTRODUCCIÓN** 3

**3. FUNDAMENTACIÓN TEORICA** 4

**A. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN** 4

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ESTUDIO** 5

**1. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE  
EVALUACIÓN UTILIZADOS** 5

**LA TOPOGRAFÍA EN EL ANÁLISIS DE CARRETERAS** 13

**DETALLE DE LA GEOMETRÍA DEL TRAZADO** 14

**1. GEOMETRÍA DE LA PLANTA. PUNTOS SINGULARES.** 14

**2. GEOMETRÍA DE LA RASANTE** 15

**3. GEOMETRÍA EN TRANSVERSAL** 15

<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
<b>A. TIPO DE ESTUDIO</b>	<b>17</b>
<b>1. TIPO DE ESTUDIO</b>	<b>17</b>
<b>B. POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>	<b>17</b>
<b>1. POBLACIÓN.</b>	<b>17</b>
<b>C. PROCEDIMIENTOS.</b>	<b>18</b>
<b>D. PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS.</b>	<b>19</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>21</b>
<b>A. EVALUACIÓN ACTUAL DE LA CARRETERA E INVENTARIO</b>	<b>21</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>21</b>
<b>2. RECONOCIMIENTO DE RUTA TERRESTRE</b>	<b>21</b>
<b>B. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>24</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>24</b>
<b>2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA FAJA DEL TERRENO.</b>	<b>24</b>
<b>C. ESTUDIO DE LA CARRETERA</b>	<b>25</b>
<b>1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DESCRIPCIÓN.</b>	<b>25</b>
<b>2. EVALUACION VIAL.</b>	<b>26</b>
<b>3. EVALUACION GEOTECNICA GENERAL</b>	<b>27</b>

<b>D. TRÁFICO Y EVALUACION DEL TPDA</b>	<b>28</b>
<b>1. UBICACION DEL PROYECTO Y DESCRIPCION DE LA RED VIAL Y DEL TIPO DE TRANSPORTE DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.</b>	<b>28</b>
<b>CÁLCULO DE TPDA</b>	<b>38</b>
<b>1. TRÁFICO FUTURO</b>	<b>39</b>
<b>2. TRÁFICO ATRAÍDO</b>	<b>41</b>
<b>3. TRÁFICO GENERADO</b>	<b>42</b>
<b>4. TRÁFICO POR DESARROLLO</b>	<b>42</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LA VÍA</b>	<b>43</b>
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	<b>43</b>
<b>H. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN</b>	<b>44</b>
<b>I. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO</b>	<b>45</b>
<b>J. ALINEAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES</b>	<b>46</b>
<b>K. RECABAR DATOS A LAS ENTIDADES PÚBLICAS</b>	<b>55</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>56</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
<b>A. CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>B. RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
<b>8. PROPUESTA</b>	<b>62</b>
<b>A. DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA SAN ISIDRO-PUENTE DE</b>	

<b>GUANO (BARRIO LA NUBE) .....</b>	<b>62</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>62</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>62</b>
<b>3. FUNDAMENTACION CIENTIFICA-TECNICA</b>	<b>63</b>
<b>4. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA</b>	<b>108</b>
<b>5. DISEÑO ORGANIZACIONAL</b>	<b>138</b>
<b>6. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA</b>	<b>139</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>141</b>
<b>10. ANEXOS</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de "San Isidro de Patulu" .....	23
Figura 2. Superficie de Rodadura .....	25
Figura 3. Ancho de Calzada .....	26
Figura 4. Seccion Transversal .....	45
Figura 5. Relacion entre las velocidades de diseño y de circulacion.....	72

Figura 6. Curvas Horizontales.....	77
Figura 7. Curva Circular Simple .....	83
Figura 8. Curva circular simple 1 .....	83
Figura 8. Elementos de la Curva Circular Simple.....	83
Figura 10. Peralte en Curvas .....	85
Figura 11. Convención del Peralte en Curvas .....	88
Figura 12.Representacion del sobreebanco en planta .....	89
Figura 13. Representación de la curva vertical .....	99
Figura 14. Tipos de Curvas Convexas.....	100
Figura 15. Tipos de Curvas Cóncava .....	102
Figura 16. Curvas Verticales.....	102
Figura 17. Longitud de visibilidad .....	105
Figura 18 ZONIFICACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	115
Figura 19. ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LLUVIA AÑO 2006 .....	120
Figura 20.Variacion de la precipitacion con la altura.....	123
Figura 21. SECCIÓN TRANSVERSAL DE CUNETAS LATERALES EN CORTE.....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la carretera.....	22
Tabla 2. Nomenclatura de los vehículos.....	32
Tabla 3. Codificación de la zona .....	33
Tabla 4. Conteos de Tráfico Diarios Estacion N°1 San Isidro .....	34

Tabla 5. Conteos de Tráfico Diarios Estacion N° 2 Puente de Guano.....	35
Tabla 6. Clasificación según tipo de vehículo.....	36
Tabla 7. Índice de ocupación de los vehículos.....	37
Tabla 8. Motivo de viaje de los pasajeros.....	37
Tabla 9. Matriz de Origen Destino.....	38
Tabla 10. Tasa de crecimiento vehicular en Chimborazo.....	39
Tabla 11. Velocidades de Diseño.....	44
Tabla 12. Normas para la carretera CLASE IV.....	46
Tabla 13. Análisis de la carretera desde 0+000 - 1+000.....	48
Tabla 14. Análisis de la carretera desde 1+000 - 2+000.....	49
Tabla 15. Análisis de la carretera desde 2+000 - 3+000.....	50
Tabla 16. Análisis de la carretera desde 3+000 - 4+000.....	51
Tabla 17. Análisis de la carretera desde 4+000 - 5+000.....	52
Tabla 18. Análisis de la carretera desde 5+000 - 6+000.....	53
Tabla 19. Análisis de la carretera desde 6+000 - 6+748.....	54
Tabla 20. Clasificación de la Carretera en función del tráfico proyectado.....	65
Tabla 21. Clasificación de la carretera en función a la jerarquía.....	65
Tabla 22. Relación Entre Las Velocidades De Diseño Y De Circulación.....	73
Tabla 23. Valores De Diseño Recomendados Para Carreteras.....	74
Tabla 24. Cálculo de curvas horizontales.....	78
Tabla 25. Desarrollo Del Peralte En Función De La Velocidad.....	87
Tabla 26. Sobre Ancho.....	90
Tabla 27. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA.....	91
Tabla 28. ANCHO DE CALZADA SEGÚN CLASE DE CARRETERA.....	92
Tabla 29. ANCHO DE ESPALDONES SEGÚN LA CLASE DE CARRETERA Y EL TPDA.....	93
Tabla 30. VALORES DE LAS PENDIENTES SEGÚN EL ORDEN DE LA VÍA.....	95
Tabla 31. Valores Mínimo del Coeficiente "K" Convexas Mínimas.....	100
Tabla 32. Valores Mínimo del Coeficiente "K" Cóncavas Mínimas.....	102
Tabla 33. Cálculo de curvas verticales.....	103
Tabla 34. COEFICIENTE "C" PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE VISIBILIDAD.....	105
Tabla 35. Coeficiente de Escorrentía para la ecuación racional.....	116
Tabla 36. Índice de estaciones meteorológicas con información publicada.....	119
Tabla 37. Código y Tipo de Estación Meteorológica.....	119
Tabla 38. Información De La Estación Meteorológica (Riobamba – Aeropuerto).....	121
Tabla 39. Precipitaciones Anuales en las estaciones Meteorológicas que se encuentran en la Provincia de Chimborazo.....	122
Tabla 40. Intensidades Máximas de Lluvia.....	124
Tabla 41. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "N".....	125
Tabla 42. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA LA ECUACIÓN RACIONAL.....	126

Tabla 43. Cálculo de la Capacidad de la Cuneta .....	130
Tabla 44. Dimensiones de Alcantarilla Tipica .....	132

## **CAPITULO I.**

### **RESUMEN**

En la provincia de Chimborazo los sectores rurales son caracterizados por ser pobres, muchas veces no poseen redes viales adecuadas las mismas que les permitan la comercialización de sus productos agrícolas y ganaderos; estas carreteras han sido construidas sin criterios de diseño en consecuencia presentan errores de trazado vial, en el presente proyecto de investigación se analizará y se evaluará la vía construida para de esta manera ejecutar el diseño geométrico en base a las normas establecidas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas) de la vía San Isidro de Patulu – Puente de Guano ( Sector Barrio La Nube ).

Para la elaboración del proyecto de investigación se ha realizado la visita a la comunidad analizando desde un principio las características generales de la carretera para lo cual se opto por realizar el conteo del tráfico y a su vez conocer las frecuencias de uso y los sitios de Origen y Destino, presentándose los resultados que ayudaron a la investigación. Además se expone las características topográficas de la carretera encontrándose con conceptos referentes al diseño geométrico tratando de buscar los errores existentes al realizar una comparación con cada una de las normas que establece el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

Para el inicio del estudio se recabo datos en las entidades públicas de la Provincia de Chimborazo para comprobar que no existen estudios previos a la realización de nuestro proyecto. Cabe recalcar que por tratarse de un proyecto de investigación y no de diseño se hace evidente plantear posibles soluciones a los errores mostrados que podrán ser ejecutadas en un futuro inmediato.

## **CHAPTER I.**

### **SUMMARY**

## **CAPITULO II**

### **INTRODUCCIÓN**

La finalidad de nuestra investigación está dirigida al estudio de las variables o factores relacionados con la existencia de la carretera, las características del diseño, el estado de conservación de la carpeta de rodamiento y obras anexas. El estudio de evaluación considera un análisis comparativo entre los indicadores que muestran la realidad y los estándares o normas establecidos por los organismos normativos o reguladores, tantos de carácter nacional como de nivel internacional.

Para fortalecer nuestro estudio nos basamos en investigaciones realizadas por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), para poder determinar los motivos por el que debe efectuarse un análisis de la situación (problema o necesidad) de forma que se comprendan las causas que lo originan y las interrelaciones existentes con otras áreas o sectores. Con la ayuda de técnicas o herramientas existentes, que apoyen la realización de una evaluación que permitan asegurar que en éste se contemplarán todos los aspectos fundamentales que involucra al diseño geométrico. Su aplicación e intensidad va a depender de las particularidades de cada caso.

Nuestra investigación nos permitirá conocer los alineamientos horizontal y vertical existentes sin perder el concepto del bombeo y del peralte, e incluirá todos los aspectos necesarios para determinar la plataforma de la subrasante del camino de acuerdo a la sección transversal típica conforme a los anchos y sobreanchos, todo mostrado en los planos.

### **CAPITULO III.**

#### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **A. ANTECEDENTES**

La Parroquia de San Isidro de Patulu se encuentra al norte de la ciudad de Riobamba, perteneciente al Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, creada el 23 de Enero de 1894, acuerdo que fue expedido por la Ilustre Municipalidad del Cantón Guano, de conformidad con lo que dispone el artículo 21 de la citada ley pídase al poder ejecutivo la aprobación del presente decreto, que según el acuerdo ministerial número 141 con fecha de aprobación jurídica del 9 de Febrero de 1938 se crea la parroquia de San Isidro.

En la actualidad la población consta de 4330 habitantes, en donde la mayoría de ellos se dedican a la agricultura y ganadería.

Los principales accesos a la comunidad es por carreteras en un porcentaje del 30% de empedrado y un 70% tierra.

La topografía del sector es montañosa, ondulado y las características de su clima es frío.

Motivados por la necesidad de mejorar la accesibilidad de la zona mediante el oficio No 246, San Isidro de Patulu 09 de Septiembre del 2009, solicita a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Escuela de Ingeniería Civil realizar los Estudios para la evaluación de la vía San Isidro – puente de Guano (ubicado en el sector del barrio la nube).

## **B. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ESTUDIO**

- *DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS.*

### **a. Reconocimiento vial**

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 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 tipo de equipo se utilizará (dependiendo del tiempo y presupuesto sostenido)?, ¿qué 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. 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.

## **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.

### 1). Alcance del Inventario.

El tipo de características viales a incluir en el inventario y su nivel de detalle han sido determinados por los datos necesarios para los estudios de planificación y para las labores de conservación; actualmente se están incluyendo también datos útiles para la explotación. Al decidir los datos que se han de incluir en el inventario hay que tener en cuenta los procedimientos existentes para la recogida y proceso.

## 2). Sistemas de Inventario.

El inventario requiere en primer lugar una relación biunívoca y permanente entre los datos y el tramo físico de carretera al que se refieren. Para esto se debe contar con un sistema de referencia de la red para poder inventariar.

Normalmente una red de carreteras de primer orden tiene un sistema de identificación basado en una numeración de las carreteras por tipos, y una partición de las mismas en distancias sensiblemente homogéneas mediante los hitos kilométricos. En cualquier caso los trabajos de planificación, construcción, conservación y explotación exigen una unidad mayor al kilómetro e inferior a la carretera total, que tenga unas características de entorno, geométricas, estructurales y de explotación suficientemente uniformes.

Esta unidad, así definida, se denomina tramo y suele ser, por tanto, la unidad operativa del inventario, lo cual obliga a un esfuerzo previo de ramificación de la red a tratar.

Los tramos quedan definidos por sus orígenes y términos, que puedan ser nudos de carreteras o hitos de referencia, y que a su vez se determinan por sus coordenadas geográficas en algunos casos o por referencias materiales sobre el terreno en otros. Así mismo dentro de los tramos se pueden definir sub-tramos los mismos que se podrán identificar de acuerdo al kilometraje, siempre y cuando sea sencilla su referenciarían respecto al comienzo y al final del tramo.

### **c. Conceptos de diseño vial<sup>1</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.

---

<sup>1</sup> CONSULTORES – LEÓN&GODOY 2008

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.

Concepto Tridimensional.- El diseño de una vía se inicia con el establecimiento de las rutas o corredores favorables que conectan los extremos del proyecto y unen puntos de paso intermedio obligados.

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.

#### **d. 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.

**e. 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.

**f. 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 más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción de la obra básica de la carretera.

**g. 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.

#### **h. 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.

#### **i. 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.

#### **j. 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.

### **k. 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.

### **l. Determinación de las Curvas Verticales.**

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad de 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

### **m. Dimensionamiento Vial**

El propósito del dimensionamiento vial es determinar las características de la sección típica transversal de la carretera considerada, para definir las dimensiones de sus elementos componentes y sustentada en ellos establecer la sección típica transversal así como establecer el ancho de la faja de Derecho de Vía.

Con este propósito se utiliza el TPDA pronosticado al año de horizonte del estudio. El procedimiento de cálculo está detallado y forma parte del Estudio del Tráfico y Transporte.

El número de carriles de una calzada debe adaptarse a las condiciones de circulación prevista para la hora de diseño, de acuerdo al nivel de servicio seleccionado.

Para poder tener un referente sobre el cual efectuar el análisis y evaluación del diseño de la sección transversal de la carretera, con aquella que estaría ajustada a las normas vigentes en el país, se ha dimensionado la sección típica que sujeta a estas normas debería constituir la sección transversal de la carretera.

### **C. LA TOPOGRAFÍA EN EL ANÁLISIS DE CARRETERAS.**

La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal y vertical, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales.

Algunos problemas relacionados con la construcción, operación y conservación de la carretera, han mostrado la necesidad de fijar un peralte máximo. Se recomienda usar un peralte máximo establecido en normas calculado por las velocidades de diseño debido a que pueden producir desgaste a la capa de rodadura producido por las velocidades de frenado y de circulación.

Donde la topografía y sus movimientos de tierras dejen de ser favorables el costo de la construcción puede obligar a limitar la velocidad de proyecto para acoplar el trazado a un relieve acentuado, sobre todo en zonas aisladas. Pero no se debe olvidar que, si bien los conductores aceptan fácilmente limitar su velocidad en los terrenos cuyo relieve sea evidentemente difícil, donde no lo sea suelen

adoptar una velocidad excesiva para la visibilidad disponible y las maniobras necesarias esto produce con el tiempo un desgaste en las zonas laterales de la vía

El problema de no existir una distancia de visibilidad radica en que en las carreteras exista tanto en planta como en perfil la distancia de visibilidad adecuada para que el conductor del vehículo pueda ver adelante con una distancia tal que permita tomar con garantía decisiones oportunas el momento de un adelantamiento.

Cuando un vehículo recorre una curva horizontal circular, cualquier obstáculo que se encuentre situado en la parte interior de la curva impide la visibilidad al conductor; por lo tanto hace que el conductor invada la vía reduciendo el carril de circulación y volviendo en una curva peligrosa. Lo anterior sucede comúnmente en los cortes, ya que el talud interior presenta un saliente que impide la visibilidad adecuada en la curva; también se constituyen es obstáculos los árboles, vegetación, etc.

Es importante reconocer que los caminos vecinales no se deterioran por el tráfico si no por la erosión hidráulica, que es la parte más importante para tener mayor duración de la vida útil de un camino y se hace necesario la creación de cunetas.

#### **D. DETALLE DE LA GEOMETRÍA DEL TRAZADO.**

En este apartado se consideran aquellos datos de detalle que permitan definir el trazado y restituir su geometría en campo. La información a tener en cuenta será la siguiente:

##### *1. GEOMETRÍA DE LA PLANTA. PUNTOS SINGULARES.*

Este listado deberá hacerse contractual en el proyecto y es el que define la geometría en planta en el sistema de referencia elegido.

Para cada punto singular de la geometría de la planta se definirán, como mínimo, los siguientes datos:

Abscisa, coordenadas Este, Norte, azimuth, radio de la curva y parámetro del arco espiral si lo hubiere.

- *GEOMETRÍA DE LA RASANTE.*

Se presentará un listado en donde se reflejen los datos de los vértices y parámetros de los alineamientos de la rasante.

Este listado deberá hacerse contractual en el proyecto.

Como mínimo se definirán los siguientes datos:

Abscisa del vértice, cota del mismo, pendiente desde el vértice anterior, parámetro K de la curva en metros, longitud y externa.

- *GEOMETRÍA EN TRANSVERSAL.*

Se definirán los datos de la geometría en transversal en cada una de las abscisas en que varíe cada parámetro. Se presentarán listados específicos para cada uno de ellos, tratando de agrupar datos coherentes.

Los datos de la geometría en transversal debería hacerlos contractuales el consultor en su proyecto.

En el plano de sección tipo se clarificará la disposición de dichos elementos.

En concreto se presentarán listados con representación, en cada abscisa de cambio, de los elementos existentes en el proyecto. Estos son:

Ancho de berma izquierda, calzada izquierda, semi-separador izquierdo, semi-separador derecho, calzada derecha y berma derecha.

Sobre ancho de compactación y las correspondientes pendientes a cada lado de la calzada.

Espesores de estructura de pavimento y taludes de dicha estructura a ambos lados.

En el caso de vías de doble calzada se definirán los anchos de las bermas interiores; así como la pendiente de los taludes, de la estructura de pavimento, del separador y la distancia al eje del punto de giro del peralte para cada plataforma.

Listados de peraltes con indicación de la abscisa, peralte y bombeo, definiendo su valor.

Listado de los taludes de corte y terraplén, estableciendo sus criterios de variación en cada abscisa de cambio.

Listado de los tipos de cuneta empleados con indicación de la longitud horizontal y vertical de cada rama.

Listado de asignación de tipos de cada alcantarilla según abscisa do.

## **CAPITULO IV.**

### **METODOLOGÍA**

#### **A. TIPO DE ESTUDIO.**

Para nuestro estudio primeramente se llevo a cabo una Investigación de tipo Descriptiva, porque se debe definir los procedimientos a seguir para evaluar el diseño geométrico.

Luego se llevo a cabo un estudio de tipo Explicativo, porque se debe explicar los procedimientos realizados para la evaluación de diseño geométrico.

Después se realiza un estudio de tipo Evaluativo, porque se debe evaluar y determinar los resultados obtenidos del diseño geométrico. Posteriormente se llevo a cabo una Investigación Evaluativa, aplicada a evaluar y determinar los resultados obtenidos del diseño geométrico.

#### **B. POBLACIÓN MUESTRA.**

##### **a. Población.**

La investigación se basa en la carretera que une la Parroquia de San Isidro y la comunidad del sector la Nube (Puente de Guano) con una longitud de (6+748) km, para lo cual se realizaron las respectivas encuestas de conformidad con la vía, teniendo en cuenta que las mismas se realizaron a cabezas de familia.

## **C. PROCEDIMIENTOS.**

### **1. SE ESTABLECE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CARRETERA.**

#### ***Levantamiento Fotográfico:***

- Realizar el reconocimiento visual y descriptivo se determinara cada uno de los elementos viales que componen la carretera lo cual se debe constar con lo siguiente:
- Tabla de datos descriptivos de la carretera.
- Cámaras fotográficas.

***Levantamiento Topográfico:*** se procederá a realizar el levantamiento de la faja topográfica de la carretera existente tomando en cuenta cada uno de los elementos viales para el mismo se debe constar con los siguientes elementos.

- 1 Estación Total Electrónica Modelo TRIMBLE\_3305DR.
- 2 bastones con sus respectivos prismas,
- 1 GPS ESTACIONARIO Modelo MAGELLAN Tritón 300.
- 2 radio transmisores
- 1 cámara fotográfica.
- Jalones, libretas de campo, estacas, clavos y pintura.
- Software Land Desktop 2009

#### **• *Comprobación del levantamiento con la normas:***

Realizado el trazado de el eje de la carretera y todos sus elementos viales en el programa computacional Land Desktop 2009 se utilizara las normas de diseño NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS 2003 y se comprobara cada elemento con las normas tratando de definir los criterios que fueron asumidos se utilizara los siguientes componentes.

- Software Land Desktop 2009
  - Planos<sup>2</sup>
  - NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICOAS, MTOP 2003
  - Libros de Diseño Geométrico de Carreteras
  - Computador personal.
- *A través de encuestas determinar si existe conformidad con el actual diseño:* utilizando el Formulario N°1<sup>3</sup> se procederá evaluar a los pobladores de la comunidad la conformidad de la carretera para el mismo se utilizara los siguientes instrumentos.
    - Hojas de encuestas
    - Lápices, esteros.

**2. SE DETERMINARA LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA CARRETERA.**

- Medición del Tráfico
- Encuestas de Origen y destino.

Utilizando el Formulario N°1 - Formulario N°3<sup>3</sup> se realizara las mediciones de transito.

**3. SE DEFINIRÁ CUALES FUERON LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE LA CARRETERA.**

- Investigación de gabinete en las entidades públicas.
- Entrevista a los representantes de las comunidades para forma un documento base en caso de no existir diseños.

**D. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.**

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

---

<sup>2</sup> ALULEMA - GOMEZ, 2010, Planos “Características de la Carretera”

<sup>3</sup> ALULEMA - GOMEZ, 2010, Anexos Formularios

1. SE ESTABLECE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CARRETERA

- a. **Levantamiento Fotográfico:** se estudiara cada uno de los elementos geométricos y se analizara esas fotografías.
- b. **Levantamiento Topográfico:** se ejecutara con el levantamiento de la faja topográfica usando las técnicas y empleado análisis en sus graficas e instrumentos utilizando las correcciones correspondientes por los errores.
- c. **Comprobación del levantamiento con la normas:** Analizar conjuntamente con las normas cada uno de los aspectos con los que esta trazado la carretera.
- d. **A través de encuestas determinar si existe conformidad con el actual diseño:** se analizara cada uno de los resultados evaluados en la encuesta.

2. SE DETERMINARA LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA CARRETERA.

Se analizara cada uno de los factores de tráfico vehicular como sus características.

3. SE DEFINIRÁ CUALES SON LOS TRAMOS QUE NO CUMPLEN CON LAS NORMAS DE DISEÑO.

Se analizará cada una de las normas desarrollados en la carretera.

## **CAPITULO V. RESULTADOS**

### **A. EVALUACIÓN ACTUAL DE LA CARRETERA E INVENTARIO**

#### **1. GENERALIDADES**

El estudio de reconocimiento consistirá en la recopilación de los datos existentes de tal forma que nos pueda proporcionar los datos más óptimos dentro de las condiciones de seguridad, y economía. El estudio de reconocimiento de ruta tiene por finalidad, encontrar el itinerario más adecuado, que sirva para llevar el trazo de una carretera uniendo los puntos de paso obligado o determinantes primarios, como son: poblados, obras de infraestructura, depresiones, etc.; de manera adecuada y armónica tomando en cuenta las características del terreno por el que se desarrollará el proyecto de acuerdo y en concordancia a las Normas Ecuatorianas para el Diseño de Carreteras, y sujeta a las bases legales vigentes; es un estudio con carácter de crítica o de opiniones debidamente razonadas. Las características a tomar en cuenta son: la topografía del lugar (longitudes, pendientes y desniveles), la calidad y tipo de suelos, la forma geométrica o desarrollo de la vía (tentativamente), el número de obras de arte a construir, etc.

#### **2. RECONOCIMIENTO DE RUTA TERRESTRE.**

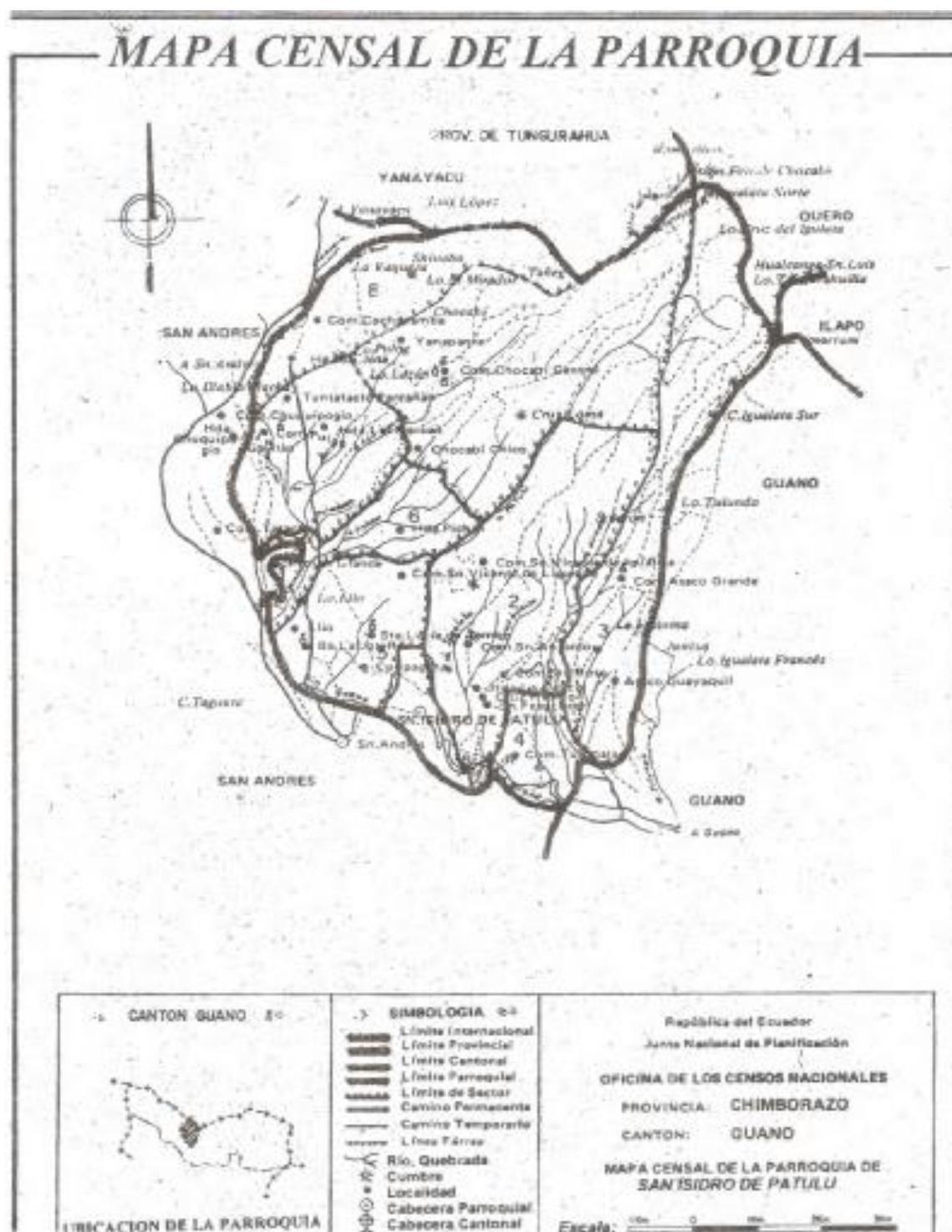
Este método consiste en recorrer el terreno, con la ayuda de los diferentes instrumentos. Por tratarse del mejoramiento de una vía existente fue necesario hacer un reconocimiento integral de la carretera y del terreno adyacente, para lo cual contamos con el apoyo de una movilidad motorizada y instrumentos portátiles, tales como reloj, brújula, GPS, estación total, prismáticos, máquina fotográfica, aparatos de comunicación, cartas nacional de la zona, etc. En esta etapa no solo se reconoció una línea de terreno, sino toda la faja de la carretera, para luego, en etapas posteriores, se tendrá que ubicar en la vía el eje definitivo del proyecto, además se identifico los puntos de paso obligatorios, calidad de

suelos nombre de las zonas por las que atraviesa, el tiempo de desplazamiento, la distancia recorrida, las altura sobre el nivel del mar.

**Tabla 1.** Características de la carretera

N°	Lugar	Descripción	Km	Características	
1	San Isidro de Patulu.	Inicio de la Ruta	0+000	Altitud	3018 m.s.n.m
				Tipo de Suelo	sueño limo arenoso con presencia de gravas
				Vegetación	Plantas típicas de la zona
				Pendiente	-9.99% a 0.78%
1	Puente de Guano Sector la Nube.	Final de la Ruta Pto. Obligado de paso	6+748	Altitud	2800 m.s.n.m
				Tipo de Suelo	suelo limo arenoso con presencia de gravas
				Vegetación	Plantas típicas de la zona
				Pendiente	-9.14% a -2.30%

**Elaborado por:** Alulema – Gómez.



**Figura 1.** Ubicación de "San Isidro de Patulu "

**Elaborado por:** Junta Nacional de planificación. Oficina de los CENSOS NACIONALES.

## **B. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.**

### *1. GENERALIDADES*

El objetivo principal de estos estudios es fijar en forma muy aproximada la poligonal base, que sirva de referencia para la poligonal definitiva en función principalmente del eje de trazo de la carretera ya existente.

Por otro lado es necesario e importante contemplar en este estudio la recopilación de datos básicos geotécnicos, hidrológicos, etc. que nos permitirá una mejor decisión de los criterios técnicos que se adoptarán en la elaboración del proyecto.

Otra de las consideraciones está referida a la armonía que debe existir en el trazo tanto en planta como en gradiente en función a la topografía del terreno así como los radios de las curvas horizontales, transiciones de enlace y obras de arte.

### *2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA FAJA DEL TERRENO.*

Una vez efectuado el reconocimiento, se procede al levantamiento topográfico de la faja de terreno, Estos trabajos topográficos consistirán en las diversas actividades que se realizaran con la finalidad de obtener los datos necesarios de campo para luego procesarlos y obtener así los planos topográficos que reflejen el relieve del terreno, en el cual se realizará el trazo preliminar teniendo en cuenta los parámetros y valores permisibles indicados en el MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS, MTOP 2003

## C. ESTUDIO DE LA CARRETERA.

### 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DESCRIPCIÓN.

#### a. Características De La Vía

Todas las características más relevantes existentes en la carretera, son descritas en su totalidad en los Cuadros No 1<sup>4</sup> más adelante, y para su mejor interpretación y manejo de datos se presentan con los siguientes aspectos:

**Medio Ambiente:** topografía, derrumbes, taludes, cursos de agua.

**Obras de Arte:** , alcantarillas, cunetas, muros de contención.

**Geometría de la Vía:** curvas horizontales, curvas verticales, sobreeanchos, bermas, pendientes, curvas de volteo.

**Superficie de Rodadura:** ancho de superficie, tipo de superficie.

#### b. Descripción del Estado Actual de la Vía.

El tramo se visualiza que la superficie de rodadura se encuentra parcialmente deteriorada en el tramo San Isidro – Tutupala (3159 msnm) y de regular operatividad en el tramo al Puente de Guano, debido a ningún mantenimiento que tiene la actual vía.

Este tramo representa una plataforma, con una sección promedio de 3.80 – 4.50 m. de ancho de rodadura, con pendientes variables.



**Figura 2.** Superficie de Rodadura

**Elaborado por:** Alulema - Gómez

---

<sup>4</sup> ALULEMA - GOMEZ, Plano “Características de la Carretera”



**Figura 3.** Ancho de calzada.

**Elaborado por:** Alulema – Gómez

## 2. EVALUACIÓN VIAL.

La evaluación vial la realizamos después del inventario de la vía, y se tomo en cuenta los siguientes criterios:

### **a. Ancho De calzada, bermas**

En todo el tramo de carretera el ancho de la calzada fluctúa de 3.80 m a 4.50 m, habiéndose encontrado anchos de hasta 7.90 m; siendo el ancho promedio de 4.16 m.; en el tramo en estudio no existen bermas.

### **b. Pendientes**

En el kilómetro 3 + 820 se encontró la máxima pendiente que va en el orden del 11.501% con una longitud aproximada de 540 m., en el resto del tramo se oscilan pendientes que van desde 0.1 % al 9.99%.

### **c. Peraltes, Bombeo y Sobreancho.**

El mal estado de la carretera hace que no se divisen estos elementos, ya que a consecuencia de las lluvias la carretera ha sido totalmente erosionada por la falta de mantenimiento oportuno.

#### **d. Curvas Horizontales, Longitud y Radios**

En la vía presenta radios mínimos como son de 16.00 m en la Abs. 1+780, 17.50 m en la Abs. 2+800 y el radio más crítico es de 7.00 m en la Abs. 1+320 algunas curvas a lo largo del tramo, no poseen sobre-anchos, ni tienen peralte.

### **3. *EVALUACIÓN GEOTÉCNICA GENERAL.***

#### **a. Vía.**

La vía pasa por diferente tipo de terreno presenta limo arenoso, con cascajo, gravoso. La superficie consta de un 70 % de empedrado y un 30% de tierra, presentándose en el tramo de tierra un deterioro por presencia vehicular y por aguas de riego.

#### **b. Taludes.**

Los taludes de esta vía en estudio y detalladamente en las zonas de corte son consolidados y en algunos tramos no existen presencia de taludes, pero cabe mencionar que no es necesario ningún tipo de protección, en algunos sectores de la vía se presentan taludes muy inclinados por la topografía, por lo tanto no hay presencia de derrumbes en la actual vía.

## **D. TRÁFICO Y EVALUACIÓN DEL TPDA.**

### *1. UBICACIÓN DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL Y DEL TIPO DE TRANSPORTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.*

#### **a. Ubicación del proyecto.**

El tramo de carretera objeto de este estudio, es parte de la carretera que une la Parroquia San Isidro del cantón Guano que a su vez constituye una carretera de Tipo IV.

La carretera desde San Isidro de Patulu – Puente de Guano (barrio La Nube), se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, en la zona norte de la misma. Inicia a partir del kilometro 0+000 en San Isidro, próximo a la Parroquia de San Andrés y termina en el Puente de Guano (sector Barrio La Nube).

San Isidro, parroquia Urbana del cantón Guano provincia de Chimborazo se halla ubicada en las siguientes coordenadas:

Norte : 757489  
Este : 9825178  
Altura : 3018 m.s.n.m.

#### **b. Descripción del proyecto.**

De acuerdo con los requerimientos del estudio de tráfico, se procedió con el inventario de la vía existente destacándose el siguiente reporte:

**Topografía:** La vía se desarrolla sobre terreno montañoso, ondulado y llano.

**Calzada:** La calzada varía en su ancho en diferentes sectores entre los 3.80 m y 4.50 m, está constituida por un empedrado en un 70% y en un 30% de tierra, además se encuentra con presencia de baches lo que dificulta la circulación vehicular y genera altos costos de operación.

**Drenaje:** La vía dispone del drenaje respectivo constituido por las cunetas laterales.

### **c. Modo de Transporte y Características Generales**

En el área de influencia directa de la carretera “San Isidro de Patulu – Puente de Guano (Barrio la Nube)”, opera el modo de transporte vehicular, motocicletas, bicicletas y tractores agrícolas.

Los principales tipos de vehículos utilizados son las camionetas entre los vehículos livianos, busetas para transporte de pasajeros y camiones medianos vinculados con la producción local los representativos del transporte de carga. En la zona de influencia del proyecto las actividades agrícolas y pecuarias, son la base fundamental de la economía.

Dentro del campo Pecuario, la producción de ganado es la actividad preponderante, sumándose la cría de especies menores, aves domésticas, porcinos.

En la actividad Agraria, el uso del suelo está orientado al cultivo de pastizales en mayor grado, sumándose el cultivo de: zanahoria, culantro, lechugas, tomate, maíz, habas, papa, etc., como productos de subsistencia y comercio.

### **d. Investigación Del Tráfico.**

Previa a la recopilación de la información del tráfico y mediante una inspección técnica preliminar se identificaron los puntos estratégicos para la instalación de las estaciones de aforos de vehículos y para las encuestas de origen y destino.

Se establecieron una estación para los conteos de tráfico, de la misma que se efectuaron conteos volumétricos y clasificatorios a demás de encuestas de tráfico de origen y destino.

Las estaciones fueron ubicadas en los siguientes sitios:

Estación 1. – San Isidro de Patulu (Censo volumétrico, de origen y destino)

Estación 2. – Sector Puente de Guano (Barrio La Nube), (Censo volumétrico, de origen y destino)

#### **e. Recopilación de la Información**

El esquema metodológico para los estudios de tráfico en cuanto a ubicación de las estaciones, tipo de encuestas, períodos y mecanismos operativos, se preparó los formularios a utilizarse en las investigaciones, el **Formulario F-1<sup>5</sup>** para conteos volumétricos clasificatorios y el **Formulario F-1<sup>3</sup>** para las encuestas de Origen y Destino, además de conformidad con el estado actual de la vía.

Los conteos volumétricos clasificatorios se realizaron en la **Estación N° 1**, ubicada en San Isidro de Patulu y la **Estación N° 2**, ubicada en el Puente de Guano (Sector Barrio La Nube).

Estos conteos volumétricos, se realizaron en períodos de:

**Estación N° 1.:** Desde las 6:00 a 18:00 horas durante siete días, iniciando a las 6:00 h. del día Lunes 21 de Junio del 2010 al Domingo 27 de Junio del 2010.

**Estación N° 2 :** Desde las 6:00 a 18:00 horas durante siete días, iniciando a las 6:00 h. del día Lunes 21 de Junio del 2010 al Domingo 27 de Junio del 2010.

Las encuestas Origen y Destino se efectuaron en:

**Estación N° 1.:** Desde las 6:00 a 18:00 horas durante siete días, iniciando a las 6:00 h. del día Lunes 21 de Junio del 2010 al Domingo 27 de Junio del 2010.

**Estación N° 2 :** Desde las 6:00 a 18:00 horas durante siete días, iniciando a las 6:00 h. del día Lunes 21 de Junio del 2010 al Domingo 27 de Junio del 2010.

---

<sup>4</sup> ALULEMA - GOMEZ, Anexos Formularios

#### **f. Determinación de vehículos representativos**

Para determinar los vehículos representativos de la zona del proyecto se utilizaron los resultados del procesamiento de las encuestas O/D en cuanto a tipo y clase.

Las encuestas Origen y Destino se desarrollaron simultáneamente con el conteo clasificatorio, en jornadas de 12 horas continuas, de 06h00 a las 18h00.

La recopilación de la información del tráfico vehicular se efectuó, en las estaciones descritas anteriormente.

#### **g. Procesamiento de datos de los conteos volumétricos clasificatorios.**

La información recopilada manualmente fue procesada de la siguiente manera:

- Creación de la Base de Datos.
- Se procesó la información en periodos de tres horas para cada dirección de movimiento y día.
- En cada reporte se registró la composición de los flujos del tráfico.
- La clasificación del tipo de vehículo se realizó, previniendo una nomenclatura en los formularios de registro, siendo la siguiente:

**Tabla 2.** Nomenclatura de los vehículos

<b>NOMENCLATURA</b>		
<b>CLASIFICACION</b>	<b>CODIGO FI</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Livianos:	L-1	Autos
	L-2	Jeeps
	L-3	Camionetas y Furgonetas
Buses:	B-1	Buseta (21 pasajeros)
	B-2	Bus mediano (32 pasajeros)
	B-3	Bus grande (>40 pasajeros)
Camión Liviano	2D-A	Camión dos ejes, Capacidad Carga 9.5 Ton.
Camión Mediano	2D-B	Camión dos ejes, Capacidad Carga 18 Ton.
Camión Pesado	3A	Camión tres ejes, Capacidad Carga 26 Ton.
	3S2	Camión cinco ejes, Capacidad Carga 48 Ton.
	3S3	Camión seis ejes, Capacidad Carga 50 Ton.

**Fuente:** MTOP de Chimborazo.

**Elaborado por:** Alulema – Gómez

#### **h. De las encuestas Origen y Destino**

Los datos registrados en las encuestas Origen y Destino se procesaron de la siguiente manera:

Creación de la Base de Datos, contemplando todos los registros determinados en el Formulario de encuestas de Origen y Destino.

En primer lugar se procedió a definir las coberturas y categorización de la zona de influencia del proyecto bajo dos parámetros: Dirección del origen y/o destino.

Con la zonificación adoptada se procedió a asignar los códigos de identificación de los diversos Orígenes y Destinos, conforme el Cuadro siguiente:

**Tabla 3.** Codificación de la zona

<b>CODIFICACION</b>			
<b>Origen</b>		<b>Destino</b>	
<b>Código</b>	<b>Origen</b>	<b>Código</b>	<b>Destino</b>
A	Riobamba	1	Riobamba
B	Guano	2	Guano
C	San Andrés	3	San Andrés
D	San Antonio	4	San Antonio
E	Santa Rosa	5	Santa Rosa
F	San Isidro	6	San Isidro
G	Tutupala	7	Tutupala

**Elaborado por:** Alulema – Gómez.

También se codificaron las restantes variables e indicadores constantes en la ficha de encuestas de O/D para procesar y analizar los resultados.

Los viajes entre pares de origen y destino, sirven básicamente para: establecer las líneas de deseos de viajes y direcciones de los flujos de tráfico para identificar el tráfico desviado.

Los principales resultados obtenidos del procesamiento de la muestra de información registrada en la encuesta y mediciones de tráfico como las de origen y destino, se relaciona con los siguientes aspectos:

Clasificación según tipo de vehículos.

Índice de ocupación por tipo de vehículo.

Motivos de viaje por tipo de vehículo.

Matriz de origen y destino de la muestra.

Matriz de origen y destino expandida en función del TPDA, para la clasificación de vehículo.

**Tabla 4.** Conteos de Tráfico Diarios (Estación N° 01 – San Isidro)

<b>ESTACIÓN N° 1 San Isidro de Patulu</b>										
<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>		<b>21/06/2010</b>	<b>22/06/2010</b>	<b>23/06/2010</b>	<b>24/06/2010</b>	<b>25/06/2010</b>	<b>26/06/2010</b>	<b>27/06/2010</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Liviano:	Automóvil y Jeeps	37	34	33	30	37	40	26	34	33,66
	Camioneta y Furgonetas	48	46	46	49	45	48	30	45	44,55
Bus:	Buseta (21 pasajeros) y Buses	6	6	6	6	6	6	4	6	5,94
Camión Simples	Camión Liviano 2D - A	9	7	6	8	8	10	4	7	6,93
	Camión Mediano 2D - B	5	7	7	6	8	6	3	6	5,94
	Tractor Agrícola	4	2	4	4	2	4	0	3	2,97
<b>TOTAL</b>		<b>109</b>	<b>102</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>106</b>	<b>114</b>	<b>67</b>	<b>101</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Alulema - Gómez

De los livianos, el representativo es la camioneta, con 39.8 %

El vehículo tipo bus mediano, con 5.6 %

De los camiones, el liviano con 6.5%

**Tabla 5.** Conteos de Tráfico Diarios (Estación N° 02 – Puente de Guano)

ESTACIÓN N° 2 Puente de Guano ( Barrio La Nube )										
TIPO DE VEHÍCULO		21/06/2010	22/06/2010	23/06/2010	24/06/2010	25/06/2010	26/06/2010	27/06/2010	PROMEDIO	PORCENTAJE (%)
Liviano:	Automóvil y Jeeps	47	49	38	38	40	48	20	40	41,67
	Camioneta y Furgonetas	39	38	42	40	38	30	28	36	37,50
Bus:	Buseta (21 pasajeros) y Buses	6	6	6	6	6	6	4	6	6,25
Camión Simples	Camión Liviano 2D - A	9	8	8	4	10	10	6	8	8,33
	Camión Mediano 2D - B	6	5	4	6	5	6	3	5	5,21
	Tractor Agrícola	2	0	2	2	2	2	0	1	1,04
<b>TOTAL</b>		<b>109</b>	<b>106</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>61</b>	<b>96</b>	<b>100,0</b>

**Elaborado por:** Alulema - Gómez

De los livianos, el representativo es la camioneta, con 33.3 %

El vehículo tipo bus mediano, con 5.7 %

De los camiones, el liviano con 5.7 %.

### **i. Número De Encuestas O/D**

Del resultado de los Cuadros anteriores, se desprende que el número de encuestas O/D, para la carretera es de 108 encuestados en la Estación N° 1 y de 105 encuestados en la Estación N° 2, la relación del número de encuestas O/D respecto al TPDA de cada tramo está de acuerdo con las normas para estudios de tráfico.

### **j. Tipo de combustible que utilizan los vehículos.**

El combustible más utilizado constituye la gasolina extra para los vehículos livianos y el diesel para los buses y camiones.

### **k. Vehículos Según Marca Y Tipo**

De la Base de Datos principal se procedió a su clasificación según el tipo de vehículo, conforme los **Tabla N° 5**, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Clasificación según tipo de vehículo.

<b>CLASIFICACION</b>
<b>Tipo de Vehículo</b>
Bicicletas
Motocicletas
Automóviles y Jeeps
Camionetas
Buses
Camión Liviano
Camión Mediano
Tractor Agrícola

**Elaborado por:** Alulema - Gómez

## 1. Índice De Ocupación

De la Base de Datos principal se procedió a su clasificación según el tipo de bus, número asientos (capacidad) y número de asientos ocupados, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 7.** Índice de Ocupación de los Vehículos.

Destino	Turno	Número de Pasajeros	Número De Asientos	Indice de Ocupación
Riobamba	6:00	42	32	131,25
San Isidro	7:00	25	32	78,13
Riobamba	13:00	20	32	62,50
San Isidro	14:30	40	32	125,00
Riobamba	17:30	15	32	46,88
San Isidro	18:30	48	32	150,00
		31,67	32	98,96

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

## m. Motivo De Viaje Pasajeros

De la Base de Datos principal se procedió a su clasificación según el motivo de viaje de pasajeros, conforme el **Tabla N° 7** obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 8.** Motivo De Viaje Pasajeros.

Motivo de Viaje		
Motivo	Número	Porcentaje ( % )
Trabajo	135	20,81
Regreso a casa	84	13,01
Tramites	152	23,41
Compras	110	17,05
Vacaciones	88	13,58
Estudios	79	12,14
<b>TOTAL</b>	648	100,0

**Elaborado por:** Alulema – Gómez.

## n. Matriz De Origen y Destino

Del procesamiento de las encuestas de Origen y Destino, se obtuvieron los volúmenes de los flujos vehiculares entre cada par de orígenes y destino.

De la matriz global que se presenta en el **Tabla N° 8-**, se desprende el total de encuestas realizadas y los volúmenes de tráfico por tipo de vehículo, a ser aplicados para la distribución de los volúmenes para cada tramo del proyecto siendo los siguientes:

**Tabla 9.** Matriz Origen y Destino

TIPO VEHÍCULO: LIVIANO									
ORIGEN / DESTINO		Riobamba	Guano	San Andrés	San Antonio	Santa Rosa	San Isidro	Tutupala	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	
Riobamba	A				15	12		15	42
Guano	B				5		25	3	33
San Andrés	C				4	2		15	21
San Antonio	D	15	10	8			20	5	58
Santa Rosa	E	10	15	5			15	6	51
San Isidro	F		35		7	9		12	63
Tutupala	G	15	20		5	6	12		58
		40	80	13	36	29	72	56	326

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

## E. CÁLCULO DE TPDA

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio espera que circule y se ha obtenido por observaciones en un año, es el volumen de tráfico anual dividido para 365 días.

Para la determinación del TPDA es suficiente establecer el Tráfico en una semana, durante una semana por trimestre mediante los volúmenes de tránsito durante los días feriados.

Es importante que el conteo pueda ser manual ó automático, el primero corresponde a estar en el sitio y poder apreciar la realidad del tráfico, con el cual se puede considerar muchos aspectos para el diseño de la vía. A diferencia del conteo automático éste trabaja de la siguiente manera, por cada dos impulsos recibidos registran un vehículo.

$$TPDA = TPDA \text{ Futuro} + \text{Tráfico Atraído} + \text{Tráfico Generado} + \text{Tráfico por Desarrollo}$$

### 1. TRÁFICO FUTURO

Es el TPDA proyectado al número de años de la vida útil de la vía, en este caso será nuestro periodo de diseño que se lo hará para 20 años. Entonces con el estudio de tráfico realizado se puede estimar el tráfico futuro, para un determinado periodo de diseño, a este hay que añadir el tráfico por razones de ahorro de tiempo, menor costo de operación y distancia.

$$TPDA_{FUTURO} = TPDA_{ACTUAL} \times (1+i)^n$$

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años).

**Tabla 10.** Tasa de crecimiento vehicular para Chimborazo

<b>TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR POR TIPOS</b>			
<b>PERIODO</b>	<b>LIVIANOS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
2001 – 2008	4.37	3.01	2.75
2008 – 2010	3.97	2.86	2.42
<b>PROMEDIO</b>	4.17	2.94	2.59

**Elaborado por:** MTOP de Chimborazo.

El Ministerio de Obras Públicas estima que la tasa de crecimiento vehicular en el Ecuador está en el orden de 7 al 14%, para nuestro proyecto vamos a determinar el tráfico futuro con los promedios del índice de crecimiento por tipos de acuerdo a nuestra provincia, con lo cual obtenemos.

### **Estación 1. San Isidro de Patulú.**

Livianos = 79 Vehículos

Buses = 6 Vehículos

Camiones = 13 Vehículos

Tractores Agrícolas = 3 Unidades

#### **Tráfico Futuro para diez años:**

**Periodo de diseño** = 10 años

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

**Tráfico Futuro** =  $79(1+0.0417)^{10} + 6(1+0.0294)^{10} + 13(1+0.0259)^{10} + 3(1+0.0259)^{10}$

**Tráfico Futuro** = 148 (Vehículos /día)

#### **Tráfico Futuro para veinte años:**

**Periodo de diseño** = 20 años

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

**Tráfico Futuro** =  $79(1+0.0417)^{20} + 6(1+0.0294)^{20} + 13(1+0.0259)^{20} + 3(1+0.0259)^{20}$

**Tráfico Futuro** = 216 (Vehículos /día)

### **Estación 2. Puente de Guano (Sector Barrio la Nube).**

Livianos = 76 Vehículos

Buses = 6 Vehículos

Camiones = 13 Vehículos

Tractores Agrícolas = 1 Unidades

**Tráfico Futuro para diez años:**

**Periodo de diseño = 10 años**

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

**Tráfico Futuro =  $76(1+0.0417)^{10} + 6(1+0.0294)^{10} + 13(1+0.0259)^{10} + 1(1+0.0259)^{10}$**

**Tráfico Futuro = 140 (Vehículos /día)**

**Tráfico Futuro para veinte años:**

**Periodo de diseño = 20 años**

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

**Tráfico Futuro =  $79(1+0.0417)^{20} + 6(1+0.0294)^{20} + 13(1+0.0259)^{20} + 3(1+0.0259)^{20}$**

**Tráfico Futuro = 206 (Vehículos /día)**

Detallamos a continuación el cálculo de cada uno de los componentes de la fórmula del TPDA del proyecto.

**2. TRÁFICO ATRAÍDO**

Es el tráfico desviado y varia del 10% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

**Estación 1. San Isidro de Patulú.**

**Tráfico Atraído = TPDA Actual x 10%**

**Tráfico Atraído =  $101 \times 0.10 = 10.10 \%$**

**Tráfico Atraído = 10 (Vehículos/día)**

**Estación 2. Puente de Guano (Sector Barrio la Nube).**

**Tráfico Atraído = TPDA Actual x 10%**

**Tráfico Atraído =  $96 \times 0.10 = 9,6 \%$**

**Tráfico Atraído = 10 (Vehículos/día)**

### 3. TRÁFICO GENERADO

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, de ninguna manera es mayor al 20% del TPDA actual. Este tráfico es acarreado por el mejoramiento de la vía, el cual se unen al tráfico actual y se producen durante los primeros 2 ó 3 años de la vida útil de la vía.

#### **Estación 1. San Isidro de Patulú.**

**Tráfico Generado** = TPDA Actual x 20%

**Tráfico Generado** = 101 x 0.20% = 20.2 %

**Tráfico Generado** = 20 (Vehículos/día)

#### **Estación 2. Puente de Guano (Sector Barrio la Nube).**

**Tráfico Generado** = TPDA Actual x 20%

**Tráfico Generado** = 96 x 0.20% = 19,2 %

**Tráfico Generado** = 19 (Vehículos/día)

### 4. TRÁFICO POR DESARROLLO

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Básicamente en este sector que es netamente agrícola y ganadero se estima que tendrá un crecimiento económico y esto generará un incremento de vehículos en la vía.

**Tráfico por Desarrollo** = (5% - 7%) \*(# de Vehículos que actualmente salen cargados)

**Entonces:**

Actualmente salen vehículos cargados = 13 Vehículos

Adoptamos el 7% para garantizar el incremento que podría generarse.

**Tráfico por Desarrollo** = 13 x 0.07

**Tráfico por Desarrollo** = 0.91

**Tráfico por Desarrollo** = 1 (Vehículo/día)

### **Estación 1. San Isidro de Patulú.**

$TPDA_{proyecto} = TPDA_{Futuro} + Tráfico\ Atraído + Tráfico\ Generado + Tráfico\ por\ Desarrollo$

$$TPDA_{proyecto} = 148 + 10 + 20 + 1$$

$$TPDA_{proyecto} = 179 \text{ (Vehículo/día)}$$

### **Estación 2. Puente de Guano (Sector Barrio la Nube).**

$TPDA_{proyecto} = TPDA_{Futuro} + Tráfico\ Atraído + Tráfico\ Generado + Tráfico\ por\ Desarrollo$

$$TPDA_{proyecto} = 140 + 10 + 19 + 1$$

$$TPDA_{proyecto} = 170 \text{ (Vehículo/día)}$$

## **F. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA**

Con los resultados obtenidos del cálculo del tráfico diario y determinado los parámetros para el cálculo del TPDA del proyecto, éste corresponde a un  $TPDA_{actual} = 101$  (Vehículo/día) y  $TPDA_{proyecto} = 179$  (Vehículo/día), que corresponde a una vía de Cuarto Orden - Vecinal correspondientemente a las normas establecidas por el MTOP.

## **G. VELOCIDAD DE DISEÑO**

Es aquella velocidad que se escoge para diseñar la vía, se caracteriza por ser la máxima velocidad que circulan los vehículos en condiciones de seguridad.

Una vez seleccionada la velocidad de diseño, todos los elementos deberán relacionarse con ella para obtener un diseño equilibrado.

Se deberá tomar en cuenta para escoger la velocidad de diseño al:

Tipo de terreno.

Orden de vía.

Volumen de tráfico.

Los caminos vecinales en cambio, se diseñan para bajas velocidades, debido a que soportan poco tránsito y por lo tanto, no se justifica la adopción de velocidades de diseño mayores que implique a lo necesario, incremento de los volúmenes de empedrado y tierra, encareciendo la construcción de los mismos<sup>6</sup>

**Tabla 11.** Velocidades De Diseño.

<b>VELOCIDADES DE DISEÑO</b>						
<b>ADOPTADAS POR MTOP EN K.P.H.</b>						
<b>TIPO</b>	<b>RECOMENDABLE</b>			<b>ABSOLUTAS</b>		
	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>O</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>O</b>
R1 o R2 TPDA > 8000	120	90	110	110	80	90
I 3000 - 8000 TPDA	110	80	100	100	60	80
II 1000 - 3000 TPDA	100	70	90	90	50	80
III 300 - 1000 TPDA	90	60	80	80	40	60
IV 100 – 300 TPDA	80	50	60	60	25	35
V < 100 TPDA	60	40	50	50	25	35

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

La velocidad de diseño para nuestro diseño actual es de 50 K.P.H.

## **H. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN**

La velocidad de circulación según la AASHTO (American Association of State Highways Officials) se la puede determinar mediante las siguientes expresiones, dependiendo del tráfico existente en el proyecto:

Para volúmenes de tráfico bajos (TPDA < 1.000) se usará la siguiente ecuación:

---

<sup>5</sup> CUEVA, 2000

$$V_c = 0,8 V_d + 6,5$$

En donde:

$V_c$  = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

$V_d$  = Velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

En nuestro proyecto:

T.P.D.A. =

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,5$$

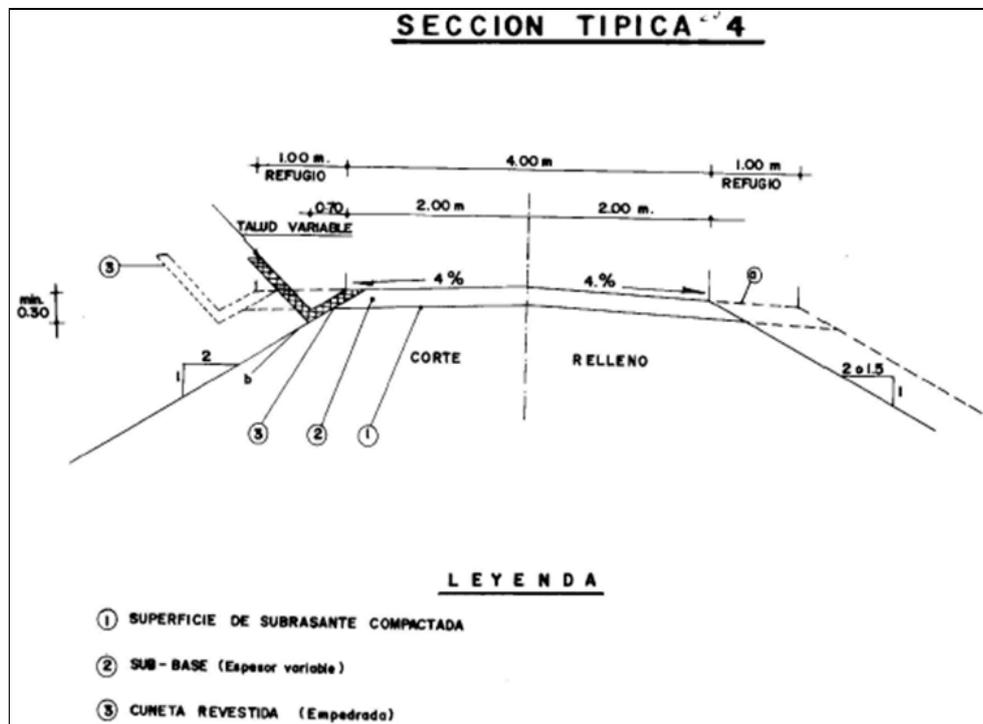
$$V_c = 0,80 * 50 + 6,5$$

$$V_c = 46,50 \text{ K.P.H.}$$

Donde obtenemos la velocidad de circulación actual de 46,50 K.P.H equivalente a 50 K.P.H

## I. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO.

Es un corte transversal del plano horizontal define elementos del camino y su disposición con relación al terreno.



**Figura 4.** Sección Transversal

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

**Sección Transversal.-** Comprende el ancho de la vía, bordillos y aceras.

**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.

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

**Línea de Rasante.-** Es el nivel en donde debe quedar el eje de la vía

## J. ALINEAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES

Cada uno de los elementos geométricos determinados en la carretera actual sean estas curvas horizontales y verticales se determinó con el programa computacional Land Desktop 2009 y la topografía se obtuvo los resultados analizados en el plano de evaluación<sup>7</sup> tomando en consideración las siguientes normas que establecen

**Tabla 12.** Normas para la carretera CLASE IV

NORMAS	CLASE IV 100 - 300 TPDA	
	NORMAS	
	RECO	ABS
	M	M
Velocidad de diseño (K.P.H)	50	25*
Radio Mínimo de curvas horizontales (m)	42	20*
Distancia de Visibilidad para parada (m)	40	25
Distancia de Visibilidad para rebasamientos (m)	150	110
Peralte (%) Máximo 10% V < 50 K.P.H	10	8
Coefficiente "K" para		
Curvas verticales convexas (m)	4	2
Curvas verticales cóncavas (m)	6	3
Gradiente longitudinal máxima (%)	8	14
Gradiente longitudinal mínima (%)	0,5	0,5
Ancho Pavimento	4	4
Clase de Pavimento	Capa Granular o Empedrado	

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

<sup>6</sup> ALULEMA - GOMEZ, Plano de evaluación N° 1, ANEXOS

Longitud de las curvas verticales:  $L = KA$ , en donde  $K$  = coeficiente respectivo y  $A$  = diferencia algébrica de gradientes, expresado en tanto por ciento.

Longitud mínima de curvas verticales.  $L = 0.60 V$ , en donde  $V$  es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.

La longitud mínima de las curvas verticales sería de:

$$L=0.60 V = 0.60 (50)= 30 \text{ m.}$$

**Tabla 13.** Análisis de la carretera desde 0+000 - 1+000

Abcisado		0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abcisa	0+192.39	0+240.76	0+327.88	0+472.01	0+583.02	No Existe	No Existe	0+807.04	0+940	No Existe
	Alcantarillas	Longitud (m)	7.06	6.36	6.85	9.57	7.46	No Existe	No Existe	9.55	6.21	No Existe
		Diametro (mm)	0.6	0.6	1x2	1x2	1x2	No Existe	No Existe	1x2	1x2	No Existe
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abcisa	0+048.344	0+106.192	0+312.843	0+405.927	0+526.064	0+669.688	0+704.702	0+855.834	0+920.272	1+027.949
	Curva Horizontal	Radio (m)	30	20	18	60	30	20	50	150	150	100
		Longitud (m)	18.539	2.645	29.35	10.74	2.916	1.91	35.39	14.34	25.039	11.17
	Pendiente		9.96	9.96	4.43	3.62	3.057	0.784	6.118	0.327	0.327	4.81
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 14.** Análisis de la carretera desde 1+000 - 2+000

Abcisado		1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abcisa	No Existe	No Existe	1+328.05	No Existe	No Existe	1+683.98	No Existe	1+847	1+860	No Existe
	Alcantarillas	Longitud (m)	No Existe	No Existe	10.63	No Existe	No Existe	9.96	No Existe	7.76	15.21	No Existe
		Diametro (mm)	No Existe	No Existe	1x2	No Existe	No Existe	1x2	No Existe	1x2	1x2	No Existe
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abcisa	1+147.9	1+215.473	1+320.311	1+409.997	1+583.384	1+620.619	1+702.607	1+801.565	1+920.117	2+016.408
	Curva Horizontal	Radio (m)	20	20	7	100	80	80	150	25	60	100
		Longitud (m)	2	3	15.66	8.68	4.415	11.89	22.55	14.53	56	9.951
	Pendiente		4.81	4.81	4.81	3.38	3	0.76	4	4.19	9.7	9.7
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 15.** Análisis de la carretera desde 2+000 - 3+000

Abcisdado		2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	2+900	3+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abcisa	2+144.35	No Existe	2+943.76	No Existe						
	Alcantarillas	Longitud (m)	9.25	No Existe	11.52	No Existe						
		Diametro (mm)	1x2	No Existe	1x2	No Existe						
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abcisa	2+121.318	2+227.118	2+308.826	2+431.413	2+573.607	2+674.681	2+775.576	2+828.118	2+849.729	2+877.886
	Curva Horizontal	Radio (m)	20	12	45	150	62	150	17	80	80	180
		Longitud (m)	32	26	31.33	12.44	35.012	40.125	42.93	18.28	19.723	15
	Pendiente		4.93	0.63	0.68	2.12	8.621	8.621	8.621	1.147	3.55	1.622
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 16.** Análisis de la carretera desde 3+000 - 4+000

Abcisado		3+100	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abcisa	No Existe	No Existe	No Existe	3+505	3+554.33	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	
	Alcantarillas	Longitud (m)	No Existe	No Existe	No Existe	7.33	7.52	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	
		Diametro (mm)	No Existe	No Existe	No Existe	1x2	1x2	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe	
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abcisa	3+157.046	3+273.166		3+436.341		3+608.619	3+710.293	3+859.802	3+964.240	4+066.743
	Curva Horizontal	Radio (m)	100	140		80		30	30	45	20	120
		Longitud (m)	7	90		115.84		10	9.16	28.21	1	21
	Pendiente		1.622	1.602	1.602	1.875	2.516	2.516	2.516	4	11.501	11.501
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 17.** Análisis de la carretera desde 4+000 - 5+000

Abciscado		4+100	4+200	4+300	4+400	4+500	4+600	4+700	4+800	4+900	5+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abscisa	No Existe									
	Alcantarillas	Longitud (m)	No Existe									
		Diametro (mm)	No Existe									
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abscisa	4+151.701	4+219.511	4+330.960	4+437.981	4+537.663	4+669.149	4+705.644	4+889.164	4+924.631	5+102.262
	Curva Horizontal	Radio (m)	150	20	40	40	35	12	100	30	19	70
		Longitud (m)	28	20	3.99	40.88	41	22	17.97	6.11	9	33
	Pendiente		11.501	11.501	11.501	11.501	11.501	0	0	11.034	11.034	11.034
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 18.** Análisis de la carretera desde 5+000 - 6+000

Abcisado		5+100	5+200	5+300	5+400	5+500	5+600	5+700	5+800	5+900	6+000	
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso									
	Cursos de Agua		No Existe									
Obras de Arte		Abcisa	No Existe									
	Alcantarillas	Longitud (m)	No Existe									
		Diametro (mm)	No Existe									
	Cunetas	Cunetas	Si existe									
Geometria Vial		Abcisa	5+149.818	5+213.166	5+307.961	5+421.948	5+532.220	5+643.702	5+716.668	5+853.597	5+904.431	6+000.362
	Curva Horizontal	Radio (m)	60	80	150	100	80	100	100	15	15	50
		Longitud (m)	24	17	28.78	7.86	40	4	15.58	1.79	4	10
	Pendiente		11.034	11.034	2.075	6.161	6.469	6.469	2.273	1	3.758	3.758
Superficie de Rodadura	Ancho de via											
	Tipo de superficie		Piedra									

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Tabla 19.** Análisis de la carretera desde 6+000 - 6+748

Abcisado		6+100	6+200	6+300	6+400	6+500	6+600	6+700	6+800
Medio Ambiente	Topografía		Montañoso						
	Cursos de Agua		No Existe						
Obras de Arte		Abcisa	No Existe	No Existe	6+353.91	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
	Alcantarillas	Longitud (m)	No Existe	No Existe	9.37	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
		Diametro (mm)	No Existe	No Existe	1x2	No Existe	No Existe	No Existe	No Existe
	Cunetas	Cunetas	Si existe						
Geometria Vial		Abcisa	6+102.331	6+200.280	6+328.483	6+438.631	6+563.218	6+615.114	6+703.075
	Curva Horizontal	Radio (m)	80	10	8	100	40	40	8
		Longitud (m)	16	3	5.22	10.93	10	13	6.24
	Pendiente		3.758	9.143	9.143	9.143	4.155	4.155	2
Superficie de Rodadura	Ancho de via								
	Tipo de superficie		Piedra						

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

## K. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE CONFORMIDAD DE LA CARRETERA

**Tabla 20.** Resumen de Encuestas.

### Encuesta Aplicada a la Población que utiliza la Vía San Isidro - Puente de Guano.

**Fecha :**

**Sector :**

1. Esta conforme con el actual diseño de la Vía desde San Isidro hasta el Puente de Guano.

si  no

2. Cree que el ancho actual de 4.00m es el óptimo para la circulación de los vehículos.

si  no   
Porque? \_\_\_\_\_

3. A tenido dificultad en su vehículo por el estado actual de la vía.

si  no

4. Cree que es una vía segura?

si  no   
Porque? \_\_\_\_\_

5. Si su destino es Viajar a Guano y si la Vía San Isidro hasta el Puente de Guano se Encontrara en buen estado, que ruta escogería?.

Vía San Isidro - San Andrés - Guano.

Vía San Isidro - Puente de Guano - Guano.

6. Cual es el motivo de su viaje?

Trabajo	<input type="text"/>
Regreso a Casa	<input type="text"/>
Tramites	<input type="text"/>
Compras	<input type="text"/>
Vacaciones	<input type="text"/>
Estudios	<input type="text"/>

7. Hacia donde viaja frecuentemente?

Riobamba	<input type="text"/>
Guano	<input type="text"/>
San Andrés	<input type="text"/>
San Antonio	<input type="text"/>
Santa Rosa	<input type="text"/>
Tutupala	<input type="text"/>

**Elaborado por:** Alulema – Gómez.

## **L. RECABAR DATOS A LAS ENTIDADES PÚBLICAS**

La entrevista es una forma de conversación, no de interrogación, al analizar las características de los sistemas con personal seleccionado cuidadosamente por sus conocimientos sobre el sistema actual de la carretera tanto en la entidades públicas se determinó lo siguientes:

Oficios entregados por el Honorable Consejo Provincial de Chimborazo, Ilustre Municipio del Cantón Guano, Ministerio de Transporte y Obras Publicas.



Riobamba, 13 de abril de 2010.

El suscrito Director de Planificación del H. Consejo Provincial de Chimborazo  
tiene a bien.

### **CERTIFICAR:**

Que una vez revisado el Plan Operativo de los años 2008, 2009 y 2010 se ha  
verificado que no consta ningún Proyecto de Estudio Vial en la Parroquia  
San Isidro, específicamente en la vía San Isidro hasta el puente de Guano.

Es todo cuanto puedo certificar, facultando a los interesados hacer uso del  
presente documento, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

  
Ing. Guillermo Terán F.  
**DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN**



MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN GUANO  
DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS  
TELÉFONO: 900-133 EXT. 16 – FAX: 900-931 - GUANO- ECUADOR

---

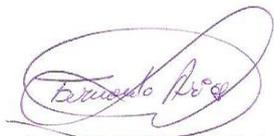
**CERTIFICACIÓN**

A petición de parte interesada, en mi calidad de Director del Departamento de Obras Públicas del municipio del cantón Guano, tengo a bien.

**CERTIFICAR:**

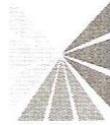
Que al momento por parte de la Municipalidad no se está realizando ningún estudio vial desde la parroquia San Isidro hasta el puente de Guano (ubicado en el sector del barrio La Nube).

Guano, 14 de Abril del 2010.



Ing. Fernando Arias Ruiz.  
**DIRECTOR DE OO.PP.MM**





Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

SUBSECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCION PROVINCIAL DE CHIMBORAZO

## CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE

El suscrito Director Provincial de Chimborazo del Ministerio de Transporte y Obras Publicas

**CERTIFICA:** que la **Dirección Provincial de Chimborazo** no esta realizando análisis, estudio o ejecución de obra alguna de carácter vial en la Parroquia San Isidro, cantón Guano.

El Certificado se expide en la ciudad de Riobamba, al los veinte y cinco días del mes de marzo de 2010, pudiendo el interesado hacer uso del presente como creyere conveniente.

Atentamente,

Ing. Carlos Nieto Nieto  
**DIRECTOR PROVINCIAL  
MTO-P-CHIMBORAZO.**



Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION PROVINCIAL DE CHIMBORAZO

## **CAPITULO VI.**

### **DISCUSIÓN**

Para la evaluación del diseño geométrico de la Carretera San Isidro de Patulu – Puente de Guano ( Sector Barrio La Nube) se seleccionó el programa computarizado Software Land Desktop 2009, por la característica que posee este programa que es utilizado específicamente para el diseño de carreteras y topografía; en base al Análisis de los alineamientos horizontales y verticales obtenido previamente por la franja topográfica del camino, se obtuvieron los deslizamientos, las características topográficas y geométricas de la carretera, y se logró demostrar las deficiencias en sus alineamientos verticales.

Para determinar el TPDA, lo ideal fue disponer de los datos de dos estaciones de conteo que permitan conocer las variaciones diarias, y estacionales. Además convendría disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se puede esperar en el futuro. Como no es usual ni práctico tener estaciones permanentes en todas las rutas, se puede estimar en una primera semana el TPDA semanal, efectuando montajes por muestreo de 12 horas diarias, durante 7 días incluyendo un sábado y domingo. En lo posible, las muestras semanales que se obtengan deberán corresponder a los meses y semanas más representativos del año, con el objeto de tomar en cuenta las variaciones estacionales máximas y mínimas.

Los resultados que se obtienen en las investigaciones de campo, son procesados con el objeto de conocer la relación que existe entre los volúmenes de tránsito de los días ordinarios respecto a los correspondientes a los fines de semana y realizar los ajustes respectivos para obtener el TPDA semanal. En la etapa final se puede ajustar el TPDA semanal en base a factores mensuales obtenidos de datos de las estaciones permanentes, cuando éstas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional como la

periodicidad de las cosechas. Si caracterizamos la carretera es decir determinamos la clase de carretera usando para el mismo el TPDA nos da en evidencia que es una carretera de Clase IV caracterizada por la zona rural existente en la zona, muchos de estos parámetros nos ayudan a determinar qué cantidad de flujo vehicular puede existir en el futuro y a si poder plantear mejoras o nuevos diseños.

Cabe señalar además, la conveniencia de estimar no solo la demanda más probable sino indicar cifras de estimaciones máximas y mínimas, con el objeto de apreciar la influencia que podrían tener sobre el proyecto las situaciones extremas previsibles.

La predicción de tráfico sirve, además, para indicar cuando una carretera debe mejorar su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad; esto se hace mediante la comparación entre el flujo máximo que puede soportar una carretera y el volumen correspondiente a la 30ava hora, o trigésimo volumen horario anual más alto, que es el volumen horario excedido sólo por 29 volúmenes horarios durante un año determinado.

En la realización de los estudios para el diseño geométrico de un camino es de suma importancia la topografía del terreno, siendo este un factor determinante en la elección de los valores de los diferentes parámetros que intervienen en su diseño.

Al establecer las características geométricas de el camino se hace en función de las características topográficas del terreno: llano, ondulado y montañoso, este que su la vez puede ser suave o escarpado.

Se determinó que el tipo de terreno en la carreta es montañosa caracterizada por varias curvas.

Referente a la velocidad de diseño en el estado actual de la carretera la misma que se eligió en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de

que su valor fue de 50 K.P.H. este es el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

Los alineamientos horizontales presentan 2 tipos de errores caracterizados por curvas muy cerradas; por lo erosionada de la carretera no existen peraltes en las secciones transversales de la carretera.

Los alineamientos verticales no presentan cualidades de diseño realizados encontrándose pendientes que van desde 0.10% hasta un 11.50% permitiendo que existan curvas verticales de radios que van desde 15 m. hasta 800 m los mismos que pueden ser analizado en vista a la velocidad de circulación permitiendo que su radio mínimo se de 15 m utilizando la ecuación de la norma ya analizada.

Investigando si existieron estudios previos a la construcción o ejecución de esta carretera se pudo constatar que no se le da la prioridad necesaria a las carreteras en la zona rural sin desmerecer el interés de mejoramiento que desea la comunidad.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del cálculo de los elementos geométricos actuales de la vía.

## **CAPITULO VII.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- Concluido el conteo vehicular de la vía se estableció que la misma es de cuarto Orden, según las normas establecidas por el MTOP( Ministerio de Transporte y Obras Publicas). Puesto que el TPDA proyectado a 20 años se encuentra entre 100 – 300 vehiculos diarios, según las normas establecidas por el MTOP( Ministerio de Transporte y Obras Publicas).
- En el cálculo de las curvas horizontales y verticales nos permitió analizar los errores existentes, ya que de acuerdo a normas del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas), el ángulo de curvatura mínimo será formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño, en base a esto se determino que en la Abscisa 0+318.843 un radio 18m, Absc. 1+320.311 un radio de 7m, Absc. 2+227.118 un radio de 12m, Absc.2+775.576 un radio de 17m, Absc. 4+669.149 un radio de 12m, Absc. 4+924.631 un radio de 19m, Absc. 5+853.597 un radio de 15m, Absc. 5+904.431 un radio de 15m, Absc. 6+200.280 un radio de 10m, Absc. 6+328.483 un radio de 8m, Absc. 6+703.075 un radio de 13m, por tanto estas curvas se encuentran fuera de la norma establecida y se sujetaran a correccion de su grado de curvatura.
- De acuerdo a los datos proporcionados por las entidades públicas y por entrevistas a los pobladores y por medio de encuestas, detalladas en los Anexos, se determino que no existen diseños previos de la misma, es evidente que el actual estado no fue ejecutado en base a normas técnicas,

como por ejemplo grados de curvatura, velocidades de diseño, trafico proyectados, etc. Normas que rigen en la actualidad para un diseño de carreteras.

- El TPDA actual y futuro así como las encuestas de origen y destino no brinda las cualidades necesarias para que la carretera cambie su capa de rodadura que en este momento es de un empedrado a otro tipo de capa.

## **RECOMENDACIONES.**

- Se debería evaluar la situación económica en su nuevo diseño para establecer un presupuesto referencia el cual permitirá establecer si es factible el proyecto.
- Se recomienda incluir en el plan analítico de la cátedra de Ingeniería Vial el desarrollo y ejecución del programa computacional Autodesk Land Desktop 2009.

## **CAPITULO VIII**

### **PROPUESTA**

#### **A. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA SAN ISIDRO DE PATULU – PUENTE DE GUANO (SECTOR BARRIO LA NUBE).**

##### **1. INTRODUCCIÓN**

El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues allí se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera; de manera que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

En un diseño geométrico es importante analizar los factores correspondientes al tráfico, los mismo que nos permitirán brindar las posibilidades de alternativa de solución para el desarrollo del mejoramiento de una carretera, cabe analizar que el documento de propuesta se trata de dar soluciones a los problemas encontrados en el diseño geométrico analizado en los mismos que muchas de la cualidades geométricas pueden mantenerse permanentes o pueden ser propensas a cambios por factores de seguridad, estética, normativas.

##### **2. OBJETIVOS**

###### **a. General**

Establecer si en el estado actual la vía San Isidro de Patulu – Puente de Guano (Sector Barrio La Nube), cumple con las normas técnicas de Diseño para Carreteras.

## b. Específicos

- Ejecutar un estudio de tráfico que soporta la vía.
- Realizar la propuesta del estudio para el mejoramiento de la Carretera.

## 3. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA -TECNICA

### a. Criterios De Diseño General

#### 1) EL TPDA<sup>8</sup>

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio espera que circule y se ha obtenido por observaciones en un año, que es volumen de tráfico anual dividido para 365 días.

Para la determinación del TPDA es suficiente establecer el Tráfico en una semana.

Es importante que el conteo sea manual, corresponde a estar en el sitio y poder apreciar la realidad del tráfico, con el cual se puede considerar muchos aspectos para el diseño de la vía.

**TPDA** = TPDA Futuro + Tráfico Atraído + Tráfico Generado + Tráfico por Desarrollo

#### 2) Tráfico Futuro

Es el TPDA proyectado al número de años de la vida útil de la vía. Entonces con el estudio de tráfico realizado se puede estimar el tráfico futuro, para un determinado periodo de diseño.

$$TPDA_{UTURO} = TPDA_{actual} \times (1+i)^n$$

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años).

---

<sup>8</sup> CUEVA,. 2000

### 3) Tráfico Atraído

Es el tráfico desviado y varia del 20% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

$$\text{Tráfico Atraído} = \text{TPDA Actual} \times 10\%$$

### 4) Tráfico Generado

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, de ninguna manera es mayor al 20% del TPDA actual. Este tráfico es acarreado por el mejoramiento de la vía, el cual se unen al tráfico actual y se producen durante los primeros 2 ó 3 años de la vida útil de la vía.

$$\text{Tráfico Generado} = \text{TPDA Actual} \times 20\%$$

### 5) Tráfico Por Desarrollo

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Básicamente en este sector que es netamente agrícola y ganadero se estima que tendrá un crecimiento económico y esto generará un incremento de vehículos en la vía.

**Tráfico por Desarrollo** = (5% - 7%) \* (# de Vehículos que actualmente salen cargados).

Una de las informaciones que obtenemos a partir de los conteos de tráfico y su proyección al futuro es el TPDA, el cual nos brinda criterios para el diseño de las carreteras que de acuerdo a las normas de diseño geométrico del MTOP podemos clasificar a las vías de acuerdo al siguiente cuadro.

**Tabla 21.** Clasificación de la carretera en función del tráfico proyectado

<b>CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRAFICO PROYECTADO</b>	
<b>Clases de Carreteras</b>	<b>Tráfico Proyectado TPDA *</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
* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 a 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.	

**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

De acuerdo a las normas de diseño del MTOP para el criterio de las bases de la estructura de la red vial del país del nuevo milenio, se presenta la relación entre la función jerarquía y la clasificación de las carreteras.

**Tabla 22.** Clasificación de la carretera en función a la jerarquía

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CLASES DE CARRETERAS (según el MTOP)</b>	<b>TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)</b>
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	> 8000
	I	3000-8000
COLECTORA	II	1000-3000
	III	300-1000
	IV	100- 300
VECINAL	V	<100

**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

Los elementos geométricos que componen los alineamientos horizontal y vertical están mutuamente relacionados. Una buena coordinación de ellos dará como resultado un diseño ajustado y armonioso, de tal forma que la carretera sea económica, estética y segura para todos los usuarios.

Una coordinación apropiada de estos elementos solo se obtiene mediante un estudio cuidadoso de ingeniería vial, para lo cual se recomiendan los siguientes criterios básicos:

\* La curvatura horizontal y la pendiente longitudinal del proyecto deben mantener un balance apropiado, sin sacrificar las condiciones de una en busca de mejores características de la otra, para lograr un diseño equilibrado, que es aquel en el cual ambos alineamientos están estrechamente vinculados, ofreciendo el máximo de seguridad y capacidad, además de una operación fácil, cómoda, uniforme y segura.

\* De una curva vertical que coincida con una curva horizontal generalmente resulta una carretera agradable, siempre y cuando la curva horizontal no sea de radio mínimo o próximo al mínimo, coincidiendo con una curva vertical de longitud mínima, pues esta circunstancia presenta inconvenientes, especialmente cuando se transita en las horas de la noche.

## **b. Alineamiento Horizontal**

### 1) Generalidades

Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición.

La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva.

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de: La topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y el potencial de los materiales locales.

## 2) Factores Que Intervienen en el Diseño Horizontal de la Vía

Las características y limitaciones de los vehículos y de los conductores, deben regir el diseño horizontal de la vía, misma que debe ser eficiente en el día y la noche, en tiempo bueno y tiempo malo, y satisfacer el tráfico actual y futuro.

Los factores que intervienen en el diseño de una vía son:

- 1.- Factor humano.
- 2.- Factor vehicular.
- 3.- Factor vial.

### **Factor humano.**

- Limitaciones físicas: eficiencia, visión, cálculo, percepción, reacción y fatiga.
- Características del conductor: después que los ojos de una persona registran un obstáculo, hay un tiempo hasta que se produce la reacción muscular adecuada, el mismo que se denomina tiempo de reacción, este valor varía según la persona y su estado físico. A este se suma el tiempo de percepción, el tiempo resultante oscila de 2 a 3 seg.

### **Factor vehicular.**

- **Limitaciones de diseño.-** Los vehículos dependiendo del trabajo en el que se requiera, presentan sus propias características de diseño, que son: largo, ancho, alto, peso y potencia.
- **Limitaciones de operación.-** Las dimensiones propias de cada vehículo, influye en las dificultades de maniobra, tales como: visibilidad, velocidad, radio de giro y funcionamiento.

**Factor vial.**

- Velocidad de diseño.
- Visibilidad.
- Radio de curvatura.
- Distancia de parada.
- Gradiente.
- Alineación longitudinal.
- Capacidad.
- Intersección.
- Facilidades intermedias.
- Dispositivos de control.
- Señalamientos.

**3) Naturaleza del Terreno**

Es comprensible que un camino ubicado en una zona llana o poco ondulada ha de tener una velocidad mayor que un similar de una zona muy ondulada o montañosa, o que uno que atraviesa una zona rural respecto del que pasa por una zona urbana.

**4) La Modalidad de los Conductores**

Un conductor no ajusta la velocidad de su vehículo a la importancia que reviste un camino en el proyecto, sino a las limitaciones que le imponen las características del lugar o del tránsito y a sus propias necesidades o urgencias. Circula a una velocidad baja cuando existen motivos evidentes de tal necesidad. Como consecuencia de lo anterior existe una tendencia a viajar a una velocidad elegida instintivamente, la que puede ser alta para el camino. Este punto debe de estudiarse en detalle, dado que al proyectar ha de preferirse un valor que corresponda al deseo de la mayoría de los usuarios.

## 5) El Factor Económico

Las consideraciones económicas deben dirigirse hacia el estudio del costo de operación de los vehículos a velocidades elevadas, así como el alto costo de las obras destinadas a servir un tránsito de alta velocidad.

## 6) Diseño en Planta

El diseño en planta de una carretera está compuesto fundamentalmente de rectas y curvas, en las rectas es posible lograr un movimiento uniforme del vehículo, buena visibilidad para el conductor, seguridad y un menor consumo de combustible; las rectas presentan problemas para la circulación vehicular cuando son excesivamente largas, la monotonía produce cansancio constituyéndose en un peligro, pudiendo influir en los valores de los tiempos de reacción y percepción.

La imperiosa necesidad de salvar los accidentes topográficos que presenta el terreno, obligas a intercalar curvas entre las alineaciones rectas, esto da origen a la fuerza centrífuga y la falta de visibilidad; la fuerza centrífuga genera el deslizamiento transversal y la probabilidad del vuelco del vehículo, por estas y muchas razones las curvas hay que proyectarlas cumpliendo una serie de normas y condiciones técnicas para evitar los riesgos de circulación.

## 7).Definición de los elementos que forman parte de la geometría de la vía

**Eje del camino:** Es la línea media contenida en la calzada.

**Calzada:** Es el sector de la sección transversal del camino destinado a la circulación de los vehículos.

**Espaldón:** Es el sector de la sección transversal que limita con la calzada y el inicio de cunetas, técnicamente se le diseña entre otras cosas para mejorar la

capacidad de la carretera, ubicar la señalización de la vía, estacionar al vehículo accidentado y varia su ancho de acuerdo a la importancia del camino.

**Cuneta:** Es el sector de la sección transversal dispuesto para recoger y conducir el agua proveniente de la precipitaciones pluviales que caen sobre la obra básica.

**Obra Básica:** Se designa con este nombre al cuerpo del camino que incluye a más de la sección transversal, el ancho de los taludes desde el vértice de la cuneta a la intersección del corte con el terreno natural, y en relleno desde el borde relleno al pie del talud. En el trazado de un camino el ancho de la obra básica queda determinado por la ubicación de las estacas laterales.

#### 8) Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación en carretera es considerada como un esfuerzo de trabajo, pues permite proporcionar al usuario una carretera con mayor grado de seguridad, lo que no sucede cuando la misma vía es diseñada para la velocidad de proyecto.

En sitios de concentración de esfuerzos, intersecciones, canalizaciones, para el diseño de curvas, en distancias de visibilidad, etc., la velocidad de circulación resulta ser más efectiva.

La velocidad de circulación es la velocidad máxima a la cual puede desplazarse un vehículo en un tramo de vía bajo las condiciones de tráfico dominantes y siendo indiferentes las condiciones climáticas de cada época, sin exceder de ninguna manera el valor de la velocidad de proyecto. La velocidad de circulación es importante en el instante de evaluar los costos de circulación, los mismos que varían según la velocidad a la que se recorra.

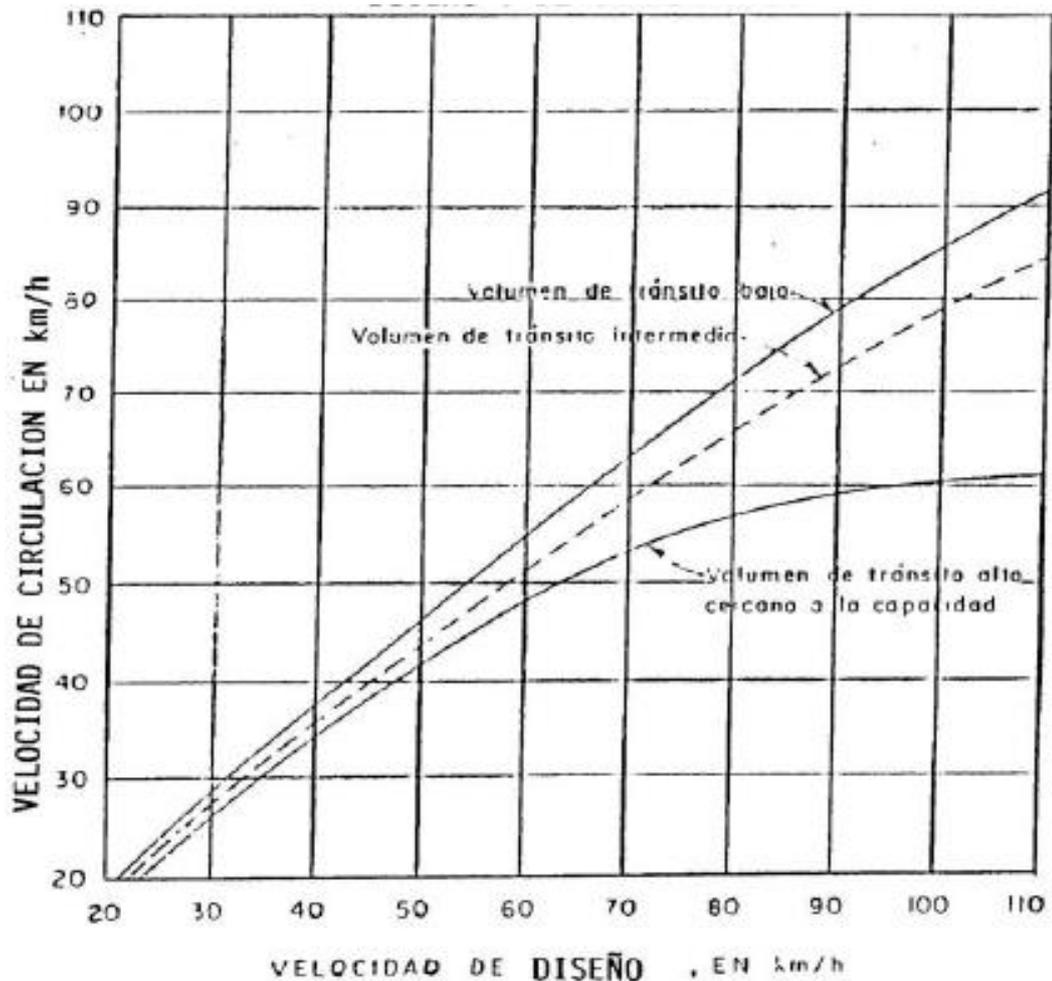
### 9) Relación con la Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo, o a la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, dividida para la suma de los tiempos de recorrido correspondientes.

La velocidad de circulación de los vehículos en un camino, es una medida de la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios, por lo tanto, para fines de diseño, es necesario conocer las velocidades de los vehículos que se espera circulen por el camino para diferentes volúmenes de tránsito.

La relación general entre la velocidad de circulación y la velocidad de diseño se ilustra en la **Figura No 5** En dicha figura se visualiza que conforme el volumen de tránsito aumenta, la velocidad de circulación disminuye debido a la interferencia que se produce entre los vehículos. Si el volumen de tránsito excede el nivel intermedio, la velocidad de circulación disminuye aún más y en el caso extremo, cuando el volumen es igual a la capacidad del camino, la velocidad de los vehículos está determinada más por el grado de saturación del tránsito que por la velocidad de diseño.

**Figura 5.** Relación Entre Las Velocidades De Diseño y De Circulación



**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

La relación entre la velocidad de circulación y la velocidad de diseño para volúmenes de tránsito altos no se utiliza para fines de diseño, siendo su carácter solamente ilustrativo. Todo camino debe diseñarse para que circulen por él volúmenes de tránsito que no estén sujetos al grado de saturación que representa la curva inferior, de volumen de tránsito alto.

**Tabla 23.** Relación Entre Las Velocidades De Diseño y De Circulación

VELOCIDAD DE DISEÑO EN KM/H	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/H		
	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

**Tabla 24.** Valores De Diseño Recomendados Para Carreteras

NORMAS	CLASE I 3.000 - 8.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE II 1.000 - 3.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 - 1.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 - 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>							
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA				
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	80	80	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(9)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(9)</sup>		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(9)</sup>		
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25		
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	490	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110		
Peralte	MAXIMO = 10 %																		10 % (Para V > 50 KPH)						8 % (Para V < 50 KPH)							
Coefficiente "K" para : <sup>2</sup>																																
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	80	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2		
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3		
longitudinal <sup>3</sup> maxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal <sup>4</sup> minima (%)	0.50%																															
Ancho de pavimento (m)	7.30			7.30			7.00			6.70			6.70			6.00			6.00						4 <sup>(8)</sup>							
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B Capa granular o Empedrado						Capa granular o Empedrado							
Ancho de espaldones <sup>5</sup> estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0.6 (C.V. Tipo 6 y 7)						-							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0						2.0						2.5 (C.V. Tipo 6 y 7)						4.0							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 <sup>(6)</sup> - 4.0						2.0 - 4.0						2.0 - 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						-							
Curva de Transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																															
Puentes	Carga de diseño																															
	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																															
	Ancho de la calzada (m)																															
SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																
Ancho de aceras (m) <sup>(7)</sup>																																
0.50 m mínimo a cada lado																																
mínimo derecho de vía (m)																																
Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																
LL = TERRENO PLANO O= TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTANOSO																																

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico proyectado a 15-20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7.000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una Autopista. Las Normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 KPH mas para clase de terreno. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales:  $L = KA$ , en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algébrica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales.  $L = 0.60 V$ , en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 500 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m a 6 m de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. Se ensanchara la calzada 0.50 m mas cuando se prevé la instalación de guarda caminos
- Cuando el espaldón esta pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en que haya bastante trafico de peatones, úsese dos aceras completas de 1.20 m
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular

- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar  $V_D = 20$  km/h y  $R = 15$  m, siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearan cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas "Absolutas" para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

En algunos cálculos intervienen la velocidad de circulación, la misma que se obtiene dividiendo un tramo del camino para el tiempo que demora en el recorrido el vehículo.

La AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Oficiales) recomienda calcular como un porcentaje de la velocidad de diseño bajo el siguiente criterio:

Para volúmenes de tráfico bajos ( $TPDA < 1000$ ) se usará la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,5$$

Y para volúmenes de tráfico intermedios ( $1000 < TPDA < 3000$ )

$$V_c = 1,32 * V_d^{0,89}$$

En donde:

$V_c$  = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

$V_d$  = Velocidad de diseño, expresada en kilómetro por hora

T.P.D.A.  $< 1000$

Se utiliza la expresión:

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,5$$

## 10) Curvas Horizontales

Como se dijo anteriormente en el diseño de una vía se debe definir, a partir de criterios técnicos y económicos, una velocidad de diseño con el fin de obtener los valores mínimos y máximos de diferentes parámetros y elementos que conforman la geometría de esta.

El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa. Los tramos rectos que permanecen luego de emplear las curvas de enlace se denominan también tramos en tangente y pueden llegar a ser nulos, es decir, que una curva de enlace quede completamente unida a la siguiente.

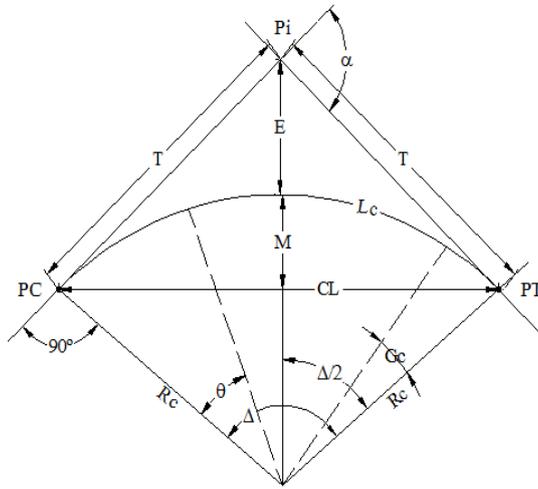
Al cambiar la dirección de un alineamiento horizontal se hace necesario, colocar curvas, con lo cual se modifica el rumbo de la vía y se acerca o se aleja este del rumbo general que se requiere para unir el punto inicial con el final. Este cambio de dirección es necesario realizarse por factores diferentes:

**Topográfico:** Con el fin de acomodar el alineamiento a la topografía y evitar cortes o rellenos excesivos, minimizando costos y evitando inestabilidades en los cortes o en los rellenos.

**Construcciones existentes y futuras:** Para lograr salvar obstáculos derivados de la utilización que tienen los terrenos por donde pasa la vía.

**Hidráulico:** Permitiendo cruzar una corriente de agua mediante una estructura de modo que quede construida en un buen sitio o ponedero. Se llama ponedero al lugar en el cual, tenidas en cuenta todas las variables hidráulicas, de cimentaciones, de diseño estructural, de los alineamientos de la vía, etc., resulta más económico y estable desde todo punto de vista la construcción del puente en referencia.

**Tabla 25. Cálculo de Curvas Horizontales.**



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

$$L = \pi * R * \left(\frac{\alpha}{180}\right)$$

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

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

$$\frac{c}{2} = R * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$PI = PC + T$$

$$PT = PC + L_c$$

Curva Circular N	Angulo de deflexión			Radio	Tangente	Semi Cuerda	External	Flecha	Longitud de Arco	Punto Inicio	Punto Intersección	Punto Final
	G	M	S	Radio	T	C/2	E	F o M	Lc	PC	PI	PT
1	97	36	35	72	82.259	54.178	37.319	24.579	122.660	0+027.595	0+217.165	0+150.255
2	33	12	38	100	29.821	28.578	4.352	4.170	57.963	0+187.344	0+343.119	0+245.307
3	122	28	3	25	45.538	21.915	26.949	12.969	53.436	0+297.581	0+388.834	0+297.581
4	37	24	28	50	16.928	16.034	2.788	2.641	32.644	0+371.907	0+445.468	0+404.551
5	46	41	35	40	17.265	15.852	3.567	3.275	32.598	0+428.202	0+555.120	0+460.800
6	21	2	27	80	14.857	14.607	1.368	1.345	29.379	0+540.263	0+724.131	0+569.642
7	50	50	58	60	28.522	25.760	6.434	5.811	53.250	0+695.609	0+811.652	0+748.859
8	13	57	27	250	30.602	30.376	1.866	1.852	60.901	0+781.050	0+957.911	0+841.951
9	35	41	29	120	38.633	36.775	6.066	5.774	74.752	0+919.277	1+087.513	0+994.029
10	43	53	32	50	20.147	18.687	3.906	3.623	38.303	1+067.366	1+150.827	1+105.670
11	5	48	4	250	12.667	12.651	0.321	0.320	25.312	1+138.160	1+215.873	1+163.472
12	10	0	54	115	10.076	10.038	0.441	0.439	20.101	1+205.796	1+271.807	1+225.897
13	6	23	42	300	16.760	16.734	0.468	0.467	33.485	1+255.048	1+369.918	1+288.532
14	150	27	16	15	56.882	14.504	43.827	11.175	39.389	1+313.036	1+461.270	1+352.425
15	157	18	54	15	74.779	14.707	61.269	12.050	41.185	1+386.491	1+490.454	1+427.676
16	34	30	47	90	27.957	26.670	4.242	4.051	54.213	1+462.497	1+555.345	1+516.710
17	11	23	10	150	14.953	14.880	0.744	0.740	29.808	1+540.392	1+601.905	1+570.200
18	25	9	19	85	18.965	18.510	2.090	2.040	37.318	1+582.940	1+939.724	1+620.259
19	170	56	3	23	290.116	22.928	268.026	21.182	68.617	1+649.608	1+782.710	1+718.226
20	25	12	13	80	17.885	17.454	1.975	1.927	35.191	1+764.825	1+858.726	1+800.016
21	51	33	1	45	21.730	19.568	4.972	4.477	40.488	1+836.997	1+914.012	1+877.484
22	6	13	44	185	10.066	10.052	0.274	0.273	20.113	1+903.945	2+048.248	1+924.058
23	92	3	18	20	20.730	14.400	8.805	6.114	32.133	2+027.517	2+167.323	2+059.650

24	135	28	5	16	39.078	14.807	26.227	9.938	37.830	2+128.244	2+234.286	2+166.074
25	41	55	48	55	21.074	19.679	3.899	3.641	40.250	2+213.212	2+323.228	2+253.462
26	4	29	12	800	31.339	31.316	0.614	0.613	62.647	2+291.889	2+501.145	2+354.535
27	32	42	58	80	23.482	22.840	3.375	3.238	45.680	2+477.663	2+601.977	2+523.343
28	14	38	23	100	12.845	12.741	0.822	0.815	25.551	2+589.131	2+793.540	2+614.682
29	160	53	29	19	112.882	18.737	95.470	15.846	53.354	2+680.658	2+775.236	2+734.012
30	17	43	54	130	20.278	20.036	1.572	1.553	40.232	2+754.958	2+972.040	2+795.190
31	137	7	7	18	45.835	16.755	31.243	11.420	43.077	2+926.205	3+023.236	2+969.283
32	11	0	55	105	10.125	10.078	0.487	0.485	20.187	3+013.111	3+141.039	3+033.298
33	63	32	23	80	49.544	42.121	14.099	11.986	88.718	3+091.496	3+240.940	3+180.214
34	32	18	56	130	37.665	36.177	5.346	5.135	73.322	3+203.275	3+414.556	3+276.597
35	80	30	15	75	63.497	48.462	23.269	17.759	105.380	3+351.059	3+572.910	3+456.439
36	139	27	22	18	48.734	16.885	33.952	11.763	43.811	3+524.176	3+647.103	3+567.988
37	30	33	31	110	30.050	28.988	4.031	3.888	58.668	3+617.053	3+787.484	3+675.722
38	36	9	13	60	19.584	18.618	3.115	2.962	37.860	3+767.900	3+871.609	3+805.760
39	1	33	18	740	10.043	10.042	0.068	0.068	20.085	3+861.566	3+990.957	3+881.651
40	10	14	18	115	10.302	10.261	0.461	0.459	20.550	3+980.655	4+080.940	4+001.204
41	10	46	3	110	10.367	10.321	0.487	0.485	2.067	4+070.574	4+145.982	4+091.246
42	56	19	58	25	13.386	11.801	3.358	2.961	24.580	4+132.596	4+189.831	4+157.176
43	48	7	26	25	11.163	10.193	2.379	2.172	20.998	4+178.668	4+237.374	4+199.666
44	3	13	43	500	14.092	14.086	0.199	0.198	28.176	4+223.283	4+387.076	4+251.459
45	83	37	8	35	31.304	23.333	11.957	8.912	51.080	4+355.772	4+474.799	4+406.851
46	71	28	3	40	28.779	23.361	9.277	7.530	49.894	4+446.020	4+603.903	4+495.914
47	112	48	59	17	25.595	14.161	13.726	7.594	33.473	4+578.308	4+640.209	4+611.781
48	8	27	24	140	10.351	10.323	0.382	0.381	20.664	4+629.858	4+671.818	4+650.522
49	5	37	51	210	10.327	10.315	0.254	0.253	20.638	4+661.491	4+799.320	4+682.129
50	10	23	15	115	10.453	10.410	0.474	0.472	20.849	4+788.867	4+843.448	4+809.716
51	25	38	22	45	10.240	9.985	1.150	1.122	20.137	4+833.208	4+895.135	4+853.345
52	51	49	33	30	14.576	13.110	3.353	3.016	27.136	4+880.559	5+030.970	4+907.695
53	24	45	10	80	17.555	17.147	1.903	1.859	34.561	5+013.416	5+076.019	5+047.977
54	19	40	51	60	10.407	10.255	0.896	0.883	20.610	5+065.612	5+136.055	5+086.221
55	14	37	19	110	14.113	13.998	0.902	0.894	28.072	5+121.942	5+202.338	5+150.014
56	5	59	51	200	10.477	10.463	0.274	0.274	20.935	5+191.861	5+247.749	5+212.795
57	22	33	21	100	19.942	19.557	1.969	1.931	39.367	5+227.807	5+304.081	5+267.174
58	55	52	41	30	15.910	14.056	3.958	3.497	29.258	5+288.171	5+368.282	5+317.428
59	2	27	10	500	10.704	14.701	0.115	0.115	21.404	5+357.579	5+467.259	5+378.982
60	27	14	33	80	38.061	18.852	2.318	2.253	38.061	5+447.861	5+542.863	5+485.922
61	2	14	17	520	10.157	10.156	0.099	0.099	20.312	5+532.705	5+654.772	5+553.018
62	35	50	55	70	22.642	21.544	3.571	3.398	43.797	5+632.129	5+713.651	5+675.927
63	44	46	29	50	20.596	19.044	4.076	3.769	39.073	5+693.056	5+778.719	5+732.129
64	16	39	29	120	17.568	17.383	1.279	1.266	34.889	5+761.150	5+833.413	5+796.039
65	22	41	35	80	16.053	15.740	1.595	1.564	31.686	5+817.360	5+955.521	5+849.046

66	33	16	2	35	10.456	10.019	1.529	1.465	20.322	5+945.065	6+020.288	5+965.386
67	11	9	7	110	10.739	10.688	0.523	0.520	21.410	6+009.549	6+082.264	6+030.959
68	9	26	2	125	10.314	10.279	0.425	0.423	20.582	6+071.950	6+112.685	6+092.531
69	26	52	1	50	11.943	11.616	1.406	1.368	23.446	6+100.743	6+157.094	6+124.189
70	60	17	15	45	26.132	22.600	7.037	6.085	47.350	6+130.963	6+443.960	6+178.313
71	172	23	44	16	240.749	15.965	225.280	14.939	48.142	6+203.211	6+300.007	6+251.352
72	12	2	23	95	10.018	9.963	0.527	0.524	19.963	6+289.989	6+361.430	6+309.952
73	15	2	50	200	26.414	26.187	1.737	1.722	52.525	6+335.016	6+407.005	6+387.540
74	11	16	26	100	9.870	9.823	0.486	0.484	19.677	6+397.135	6+479.567	6+416.812
75	14	45	39	170	22.020	21.838	1.420	1.408	43.796	6+457.547	6+542.174	6+501.344
76	40	42	58	50	18.553	17.395	3.331	3.123	35.532	6+523.621	6+617.295	6+559.153
77	84	47	32	20	18.260	13.485	7.082	5.230	29.598	6+599.035	6+660.230	6+628.633

**Elaborado : Alulema - Gomez**

## 11) Tangentes

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llama PI y al ángulo de definición, formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “ $\alpha$ ” (alfa)

Las tangentes van unidas entre sí por curvas y la distancia que existe entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente se la denomina tangente intermedia. Su máxima longitud está condicionada por la seguridad.

Las tangentes intermedias largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo o por que favorecen al encandilamiento durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes intermedias, diseñando en su lugar alineaciones onduladas con curvas de mayor radio.

## 12) Grado de curvatura

Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra  $G_c$  y su fórmula es la siguiente:

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R} \Rightarrow G_c = \frac{1145,92}{R}$$

Radio de curvatura: Es el radio de la curva circular y se identifica como “R” su fórmula en función del grado de curvatura es:

$$R = \frac{1145,92}{G_c}$$

### 13) Radio Mínimo De Curvatura Horizontal

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos.

Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

Estos valores de f varían en un rango de 0,15 a 0,40, valores determinados en forma experimental.

De acuerdo con las experiencias de la: AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Oficiales), el valor de f correspondiente al peralte viene dado por:

$$f = 0,19 - 0,000626 * V$$

Siendo inversa la relación entre el radio y el peralte, es obvio que el valor del radio mínimo corresponde al máximo valor del peralte. De acuerdo a estas consideraciones se presenta un cuadro de acuerdo a la velocidad de diseño y valores límites del peralte y coeficiente de fricción.

Criterios para adoptar los valores del radio mínimo:

- Cuando la topografía del terreno es montañosa escarpada.
- En las aproximaciones a los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos.
- En intersecciones entre caminos entre sí.
- En vías urbanas.

#### 14). Curva Circular Simple

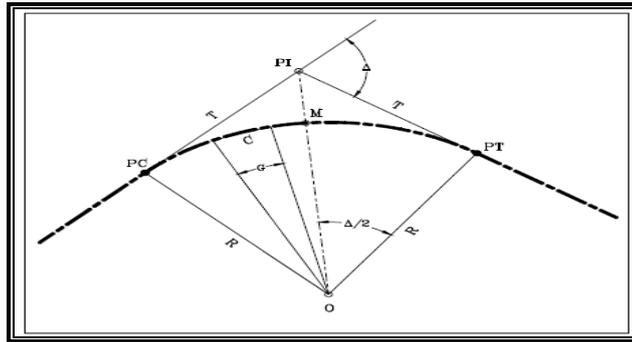
Es aquella que está formada por un solo arco de circunferencia la cual une dos alineamientos rectos llamados tangentes.

En una curva circular la curvatura es constante. Para definir una curva circular se parte de dos elementos conocidos, siendo uno de ellos el ángulo de deflexión, definido como aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior, corresponde al ángulo central de la curva necesaria para entrelazar los dos alineamientos geométricos. Este ángulo es usualmente llamado delta  $\Delta$  de la curva.

Cuando el ángulo de deflexión o delta se mide en el sentido de las agujas del reloj, a partir de la prolongación del alineamiento anterior o primer lado, entonces se llamará derecho, mientras que si se mide en sentido anti horario será izquierdo.

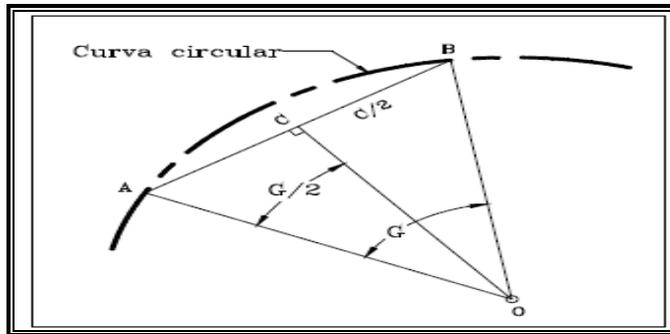
El punto de tangencia entre el círculo y la recta, correspondiente al inicio de la curva, se denomina PC y el punto de tangencia donde termina la curva es el PT. Se llama tangente, T, al segmento PI-PC, que es igual al segmento PI - PT. Si se trazan las normales a la poligonal en el PC y en el PT se interceptarán en el punto O, centro de la curva. El ángulo PC.O.PT es igual al ángulo de deflexión delta. De la figura se deduce que los ángulos PC.O.PI y PT.O.PI son iguales y equivalentes a  $\Delta/2$ .

**Figura 6. Curva Circular Simple**



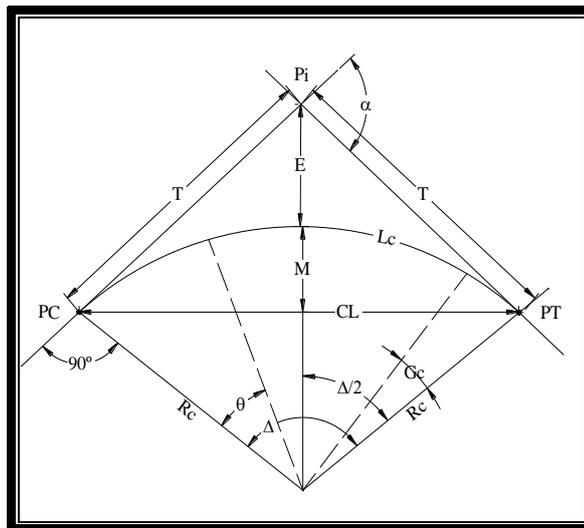
FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

**Figura 7. Curva Circular Simple 1**



FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

**Figura 8. Elementos Curva Circular Simple**



FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC Punto en donde empieza la curva simple

PT	Punto en donde termina la curva simple
$\alpha$	Angulo de deflexión de las tangentes
$\Delta c$	Angulo central de la curva circular
$\theta$	Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular
GC	Grado de curvatura de 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
le	Longitud de la curva circular

#### FORMULAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE CURVAS CIRCULARES

Tangente: 
$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Longitud de la curva: 
$$L = \pi * R * \left(\frac{\Delta}{180}\right)$$

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

Flecha: 
$$F = R(1 - \cos(\Delta/2))$$

Semicuerda: 
$$\frac{c}{2} = R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

#### 15) Peralte De Curvas

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada

Cuando el vehículo ingresa a una curva está sujeto a la acción de la fuerza centrífuga que tiende a voltearlo o sacarlo de su vía de circulación. Se conoce la fuerza centrífuga crece con el cuadrado de la velocidad y es inversa al valor del radio de la curvatura.

$$F = \frac{m * v^2}{R} = \frac{P * v^2}{g * R}$$

En la cual:

$$m = \text{masa} = \frac{P}{g}$$

P = Peso del vehículo.

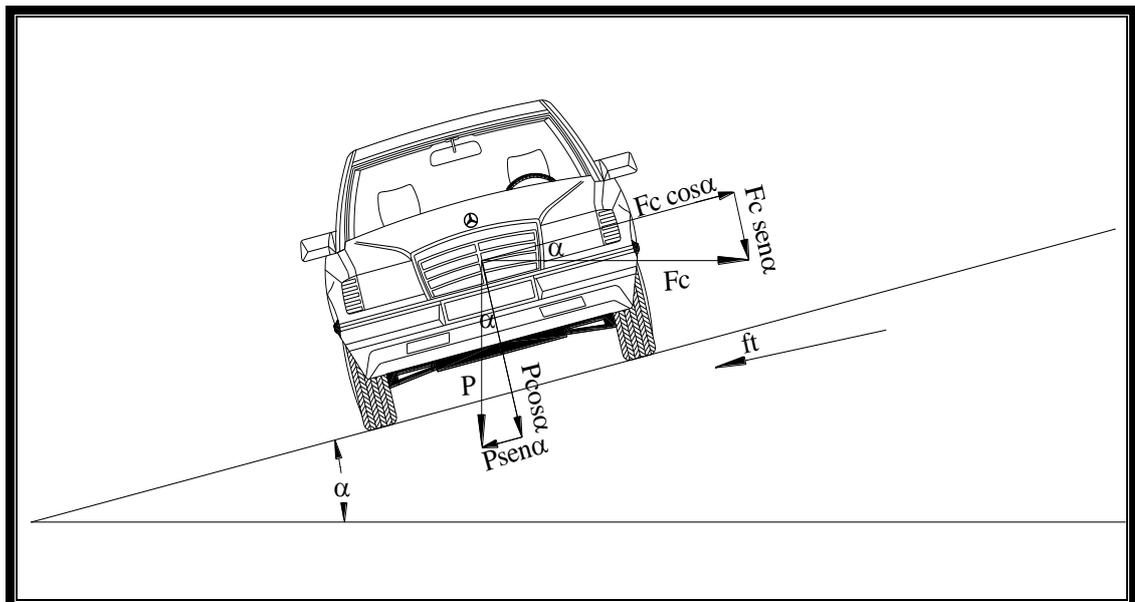
g = aceleración de la gravedad

v = velocidad de diseño.

R = Radio de Curvatura.

Si el camino se mantiene transversalmente horizontal la fuerza centrífuga sería absorbida exclusivamente por el peso del y el rozamiento de rotación. Pero si es mayor el desplazamiento o el volcamiento es necesario peraltar la curva, dando al camino una inclinación transversal de tal manera que su inclinación la absorba parte de la fuerza centrífuga y no confiar exclusivamente al factor rozamiento porque se conduce a valores de radios de curvatura muy grandes.

**Figura 9.** Peralte en Curvas



FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

## 16) Desarrollo del Peralte

Cuando se presenta en el alineamiento horizontal una curva es necesario modificar la inclinación transversal desde el bombeo hasta el peralte requerido para la curva y luego después de la curva desde el peralte hasta el bombeo nuevamente. Esta modificación en la inclinación transversal, que se debe realizar a lo largo de una longitud apropiada, se denomina transición del peralte y se puede desarrollar de tres maneras:

Girando el pavimento de la calzada al rededor de su línea central o eje: Es el más empleado ya que permite un desarrollo más armónico, provoca menor distorsión de los bordes de la corona y no altera el diseño de la rasante. Es además el más fácil de calcular.

Girando el pavimento alrededor de su borde interior: Se emplea para mejorar la visibilidad de la curva o para evitar dificultades en el drenaje superficial de la carretera, en secciones en corte. Origina cambios en la rasante de la vía.

Girando el pavimento alrededor de su borde exterior: Se usa cuando se quiere destacar la apariencia del trazado. Es el menos utilizado y el que genera mayores cambios en la rasante.

Además es la pendiente adicional que se coloca en la sección transversal de la vía, en tramos de curvas horizontales, cuya función es de proporcionar estabilidad al vehículo sin que se produzca volcamiento, puesto que está afectado por la acción de la fuerza centrífuga; esto se logra gracias a sobre elevar el carril exterior de la calzada y por efecto del peso propio del vehículo permanece estable, gracias al coeficiente de fricción transversal.

Las normas del MTOP dan los siguientes valores:

**Tabla 26.** Desarrollo Del Peralte En Función De La Velocidad

VELOCIDAD DE DISEÑO KPH	GRADIENTE LONG. NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE (%)	RECOMENDACIÓN DEL AUTOR MÁXIMO VALOR
30	-----	0,80
40	70	0,80
60	60	0,70
70	55	0,70
80	50	0,60
90	47	0,60
100	43	0,50
110	40	0,50

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo el valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad. Debido a estas limitaciones de orden práctico, no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza centrífuga en las curvas pronunciadas, siendo necesario recurrir a la fricción, para que sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se lo contrarresta al aumentar el rozamiento lateral.

En base a investigaciones realizadas, se ha adoptado el criterio de contrarrestar con el peralte aproximadamente el 55% de la fuerza centrífuga; el restante 45% lo absorbe la fricción lateral.

Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h.

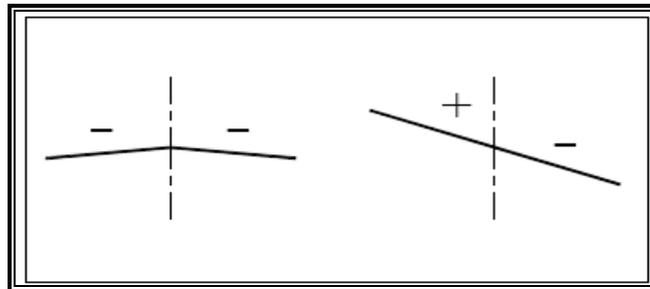
El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

Cuando los radios de curvatura son amplios, mayores al radio mínimo de curvatura, el empleo de la curva de transición se vuelve optativo, más bien su empleo guarda relación con la comodidad que se desea dar a la circulación vehicular.

#### 17) Convención del Peralte

La convención que puede resultar más simple es la de llamar positivo el peralte que levanta el borde con respecto al eje y negativo al que lo baja. Es importante tener en cuenta que en una curva el peralte eleva el borde externo y descende el eje interno. El borde externo es el opuesto al centro de la curva mientras que el borde interno está ubicado hacia el centro de la curva.

**Figura 10.** Convención del Peralte en Curvas

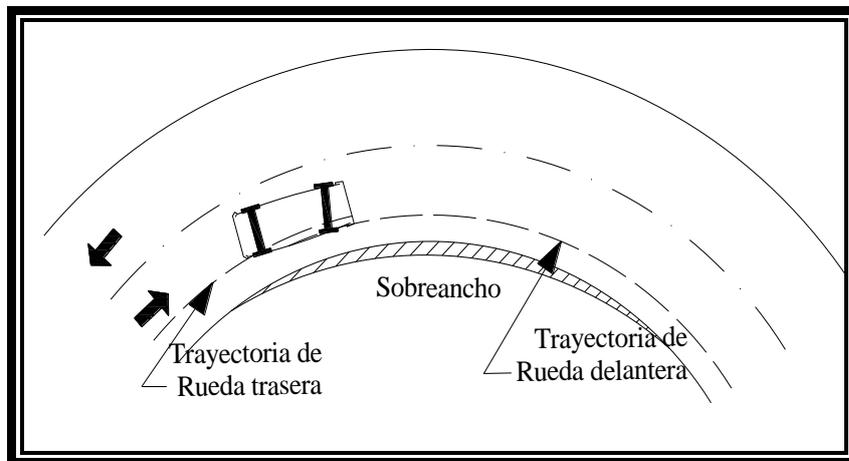


FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

#### 18) Sobreanchos

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía

**Figura 11.** Representación del sobre ancho en planta



FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

Cuando un automotor pasa a través de una curva, el ancho de la sección transversal que ocupa mayor espacio, que aquel cuando circula en tangente por lo que se debe dar un ancho adicional a la sección, curva conocida como sobre ancho, con esto evitamos que el conductor invada el carril contrario y se da una mejor condición de operación de los vehículos.

El MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) en las normas de diseño recomienda el cálculo del sobre ancho con las siguientes expresiones:

$$E = Ac - At$$

$$Ac = 2 * (H + L) + F + Z$$

Donde;

E = Sobre ancho expresado en metros

Ac = Ancho total necesario para la curva expresado en metros.

At = Ancho de pavimento en tangente expresado en metros.

H = Ancho de la huella del vehículo entre las caras externas de las llantas en metros.

L = Ancho libre para cada vehículo, se asume 0,60 m a 0,70 m.

F = Ancho adicional requerido en la curva para la parte de la carrocería del vehículo.

Z = Ancho adicional necesario en las curvas para la maniobra del vehículo en metros.

$$H = 2,60 - \sqrt{R^2 - 37}$$

$$F = \sqrt{R^2 + 16} - R$$

$$Z = \frac{V}{9,5 * \sqrt{R}}$$

En donde: R = Radio de la curva en metros.

**Tabla 27.** Sobre Ancho

RADIO	SOBREANCHO (m)
20	0,82
30	0,67
35	0,62
40	0,58
50	0,52
60	0,48
70	0,44
80	0,41
90	0,39

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

#### 19) Longitud Mínima De Las Curvas Horizontales

Cuando el ángulo de deflexión es muy pequeño se asume valores de radios mayores por cuanto hay que satisfacer la longitud requerida para la transición del peralte como para mejorar las condiciones estéticas del trazado.

La mínima longitud del arco circular estará en relación con la longitud de transición ya que esta se desarrolla ocupando parte del arco circular que se peralta, algunos autores estiman que esta longitud de transición debe estar entre 40 y 90 m dependiendo de la velocidad de diseño.

## 20) Pendiente Transversal

Es necesario dar al camino una pendiente transversal que permita el escurrimiento de las aguas lluvias de la calzada y en los espaldones, es decir hay que dar lo que se denomina bombeo del camino. Esta pendiente puede variar dependiendo del tipo de pavimento, siendo recomendada para la calzada el 2% para pavimentos con capa de rodadura asfáltica y 4% para revestimiento rugoso como afirmado o empedrado, los espaldones deben tener una pendiente del 4% como norma general.

**Tabla 28. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA**

TIPOS DE SUPERFICIE		BOMBEO (%)
<b>MUY BUENO</b>	Superficie con cemento hidráulico, asfáltico tendido con extendidora mecánica.	1,00 a 2,00
<b>BUENO</b>	Superficie con mezcla asfáltica con moto conformadora carpeta de riego.	1,50 a 3,00
<b>REGULAR O MALA</b>	Superficie de tierra o grava.	2,00 a 4,00

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

## 21) Sección Transversal Tipo

La sección transversal de una carretera corresponde a un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha carretera en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural.

Los elementos que conforman la sección transversal de una vía y sus correspondientes dimensiones deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, volúmenes de tránsito y composición, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento y la disponibilidad de recursos económicos.

La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios.

Quiere decir, que la sección transversal de una carretera puede cambiar por tramos a lo largo del proyecto, dependiendo de cómo sea el comportamiento de los factores que la definen.

El ancho de estas varía de acuerdo a la topografía y a la importancia de esta.

El MTOP ha establecido el siguiente cuadro:

**Tabla 29. ANCHO DE CALZADA SEGÚN CLASE DE CARRETERA**

CLASE DE CARRETERA		ANCHO DE CALZADA	
		RECOMENDABLE	ABSOLUTO
MAS DE 8000	R-I R-II	7,30	7,30
DE 3000 A 8000	I	7,30	7,30
DE 1000 A 3000	II	7,30	7,30
DE 300 A 1000	III	6,70	6,50
DE 100 A 300	IV	7,50	6,00
MENOS DE 100	V	6,50	4,00

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS

## 22) Espaldones

El diseño de los espaldones está vinculado con el orden o tipo de carretera y con la topografía del terreno. Siguiendo las normas respectivas el MTOP nos proporciona el siguiente cuadro.

**Tabla 30. ANCHO DE ESPALDONES SEGÚN LA CLASE DE CARRETERA Y EL TPDA**

VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES						
Clase de Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	3,0 *	2,0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2,5 *	2,5 *	2,0 *	2,5 **	2,0 **	1,5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2,5 *	2,5 *	1,5 *	2,5	2	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0 **	1,5 **	1,0 *	1,5	1	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
L = Terreno Llano O = Terreno Ondulado M = Terreno Montañoso						
* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior.						
Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico						
** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino						
correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)						

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

### c. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje de esta sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido al paralelismo se muestra la longitud real de la vía a lo largo del eje. El eje en este alineamiento se llama Rasante o Sub-rasante dependiendo del nivel que se tenga en cuenta en el diseño.

El diseño vertical o de rasante se realiza con base en el perfil del terreno a lo largo del eje de la vía. Dicho perfil es un gráfico de las cotas negras, donde el eje horizontal corresponde a las abscisas y el eje vertical corresponde a las cotas, dibujadas de izquierda a derecha.

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales.

Un camino en el proyecto se define como un conjunto de líneas de gradientes enlazadas con curvas simples y cuando cumplan con las condiciones de tangencia.

Por lo tanto en este diseño se trata de las pendientes longitudinales y las curvas que las enlazan. Estas pendientes deben diseñarse dentro de valores mínimos que dependen de varios factores.

#### 1) Perfil

El perfil del alineamiento vertical de una vía corresponde generalmente al eje de esta y se puede determinar a partir de una topografía o por medio de una nivelación de precisión. Cuando el eje de un proyecto se localiza en el terreno este debe ser nivelado con el fin de obtener el perfil de dicho terreno y sobre este proyectar la rasante más adecuada.

#### 2) Pendientes Máximas

En general, las pendientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

De acuerdo con las velocidades de diseño, que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza de la topografía.

Cuando se diseña con pendientes altas se limita la velocidad de los vehículos, y esto es crítico especialmente para los vehículos pesados. Además con

estas altas pendientes se encarece los costos del transporte, pero también cuando se trata de tender la pendiente en terreno montañoso se aumenta el largo del trazado y por lo tanto se encarece el costo del proyecto.

Se conoce también que los motores de combustión interna de los vehículos disminuyen su potencia conforme asciende sobre el nivel del mar.

En nuestro país el MTOP determina los valores de las pendientes máximas y las ubica dentro de los términos razonables de acuerdo con la categoría de los diferentes caminos y con la topografía del terreno por donde cruzan de acuerdo al siguiente cuadro:

**Tabla 31. VALORES DE LAS PENDIENTES SEGÚN EL ORDEN DE LA VÍA**

TPDA	CLASE DE CARRETERA	DISTANCIA DE VISIBILIDAD (m)					
		RECOMENDABLE			ABSOLUTO		
		LLAN	ONDULA	MONTAÑ.	LLAN.	ONDULA	MONTAÑ.
MAS DE 8000	R-I R-II	3	4	6	3	5	7
DE 3000 A 8000	I	3	4	6	3	5	7
DE 1000 A 3000	II	3	4	6	4	6	8
DE 300 A 1000	III	3	5	7	4	7	9
DE 100 A 300	IV	4	6	8	6	8	10
MENOS DE 100	V	4	6	8	6	8	12

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

Las pendientes altas aumentan cuando los recorridos son largos o cuando los volúmenes reducen la posibilidad de rebasamiento, por esto se ha normalizado la longitud crítica de gradiente. Cuando sea imprescindible utilizar gradientes altas se debe procurar que sea en tramos cortos.

### 3) Pendientes Mínimas

La pendiente longitudinal mínima generalmente de 0,5 por ciento, con la evacuación o drenaje de las aguas del camino, normalmente se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia.

### 4) Longitud Crítica

El término “longitud crítica de gradiente” se usa para indicar la longitud máxima de gradiente cuesta arriba, sobre la cual puede operar un camión representativo cargado, sin mayor reducción de su velocidad y, consecuentemente, sin producir interferencias mayores en el flujo de tráfico.

Para una gradiente dada, y con volúmenes de tráfico considerables, longitudes menores que la crítica favorecen una operación aceptable, y viceversa.

Con el fin de poder mantener una operación satisfactoria en carreteras con gradientes que tienen longitudes mayores que la crítica, y con bastante tráfico, es necesario hacer correcciones en el diseño, tales como el cambio de localización para reducir las gradientes o añadir un carril de ascenso adicional para los camiones y vehículos pesados.

Esto es particularmente imperativo en las carreteras que atraviesan la cordillera de los Andes. Los datos de longitud crítica de gradiente se usan en conjunto con otras consideraciones, tales como el volumen de tráfico en relación con la capacidad de la carretera, con el objeto de determinar sitios donde se necesitan carriles adicionales.

Para carreteras de dos carriles, como guía general, debe considerarse una vía auxiliar de ascenso cuando el volumen de tránsito horario empleado en el diseño exceda en un 20% la capacidad proyectada para la gradiente que se estudia.

Para establecer los valores de diseño de las longitudes críticas de gradiente, se asume lo siguiente:

Un camión cargado tal que la relación de su peso-potencia (Libras por cada H.P.) sea aproximadamente igual a 400.

La longitud crítica de gradiente es variable de acuerdo con la disminución de la velocidad del vehículo que circula cuesta arriba; esto es, a menor reducción de la velocidad se tiene una mayor longitud crítica de gradiente.

Se establece una base común en la reducción de la velocidad, fijándola en 25 kph para efectos de la determinación de la longitud de la gradiente crítica promedio.

Para calcular la longitud crítica de gradiente se tiene la siguiente fórmula:

$$G\% = \frac{240}{L_c^{0,705}}$$

Lc = Longitud crítica de gradiente

G = Gradiente cuesta arriba expresada en porcentaje.

Según especificaciones la gradiente y longitud máxima varían de acuerdo a los valores:

Longitud de 1.000 m. para gradientes del 8 – 10%.

Longitud de 800 m. para gradientes del 10 – 12%.

Longitud de 500 m. para gradientes del 12 – 14%.

En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1 por ciento, en terrenos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción, para las vías de I, II, III clase.

## 5) Curvas Verticales

Las curvas verticales se usan para dar transiciones suaves entre los cambios de pendiente o tangentes, los mismos que pueden ser circulares, parabólicas cuadráticas y parabólicas cúbicas.

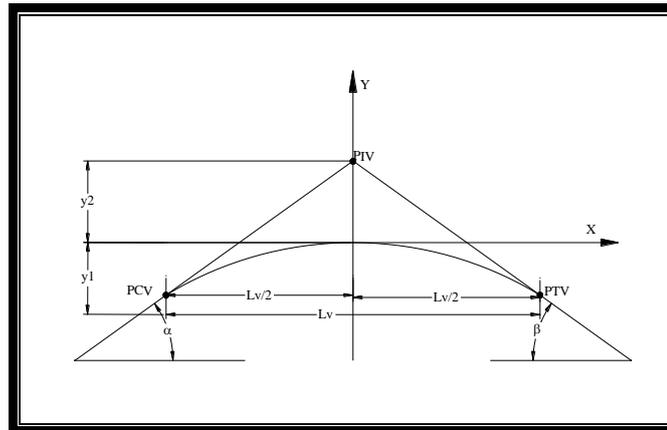
Las curvas verticales, deben proporcionar distancias de visibilidad adecuadas sobre crestas y hondonadas. La visibilidad, es uno de los parámetros fundamentales en el diseño de las curvas verticales, porque permite al usuario detenerse, antes de llegar a un obstáculo ubicado en la vía; o cuando, se encuentre con un vehículo que circula en sentido contrario.

Las curvas verticales se clasifican en cóncavas y convexas: En las curvas convexas gobierna la distancia de parada segura, mientras que en las curvas cóncavas prima la distancia visual de luz delantera.

En las rasantes que superan cierto valor, las curvas verticales deberán cumplir con las condiciones mínimas determinadas para el diseño.

En la práctica las curvas verticales más aplicables son de tipo parabólicas cuadráticas porque la variación de la inclinación de la tangente es constante, se asemejan a las curvas circulares, y se encuentra dentro de los parámetros de diseño y gradientes usuales.

**Figura 12.** Representación de Curva Vertical



**FUENTE:** CUEVA 2006

### 6) Curvas Verticales Convexas

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 divide sobre la carretera igual a 0,15 metros.

Para el diseño de las curvas verticales convexas predomina el factor de distancia de visibilidad del vehículo y rebasamiento así como seguridad y comodidad en el tráfico.

Existen fórmulas simplificadas para el cálculo de la longitud de la curva con la siguiente expresión:

$$L_{cv} = K * A$$

Donde:

$L_{cv}$  = Longitud de curva vertical.

$A$  = Diferencia algebraica de gradientes.

$K$  = Factor para la determinación de la longitud, específico para curvas convexas.

Curva vertical convexa.

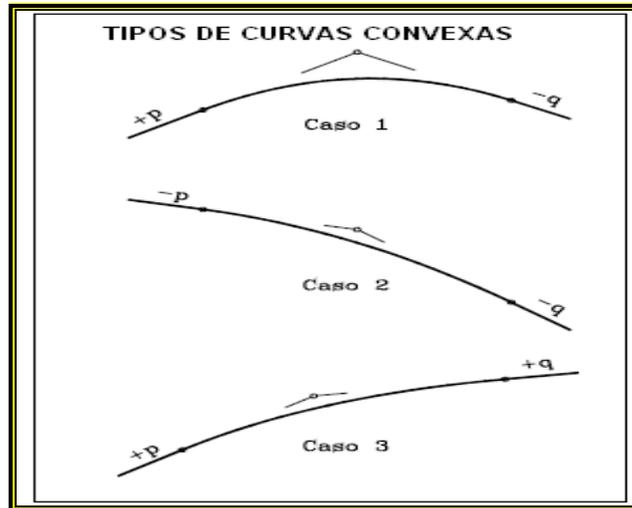
Presenta 3 casos:

Caso 1.  $p > 0$ ,  $q < 0$

Caso 2.  $p < 0, q < 0, p > q$

Caso 3.  $p > 0, q > 0, p > q$

**Figura 13.** Tipos de Curvas Convexas



**FUENTE:** CUEVA 2006

La curva del Caso 1, cuando las pendientes tienen diferente signo, presenta a lo largo de su trayectoria un punto de cota máxima, mientras que para los otros dos casos, 2 y 3, el punto de cota máxima de la curva estaría ubicado al principio y al final de esta, respectivamente.

**Tabla 32.** Valores Mínimo del Coeficiente "K" Convexas Mínimas

VALORES MININOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MININAS										
Clase de Carretera					Valor			Valor		
					Recomendable			Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I <sub>o</sub>	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

La longitud mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_{cv_{min}} = 0,60 * Vd$$

### 7) Curvas Verticales Cóncavas

Es importante preservar la integridad física del usuario, se necesita tener Curvas verticales cóncavas lo suficientemente largas, de tal manera que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente similar a la distancia de visibilidad inevitable para la parada de un vehículo.

En este tipo de curvas el diseño de su longitud está basado en la distancia de alcance de rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de la visibilidad de parada.

$$L_{cv} = K * A$$

Donde:

$L_{cv}$  = Longitud de curva vertical.

$A$  = Diferencia algebraica de gradientes.

$K$  = Factor para la determinación de la longitud, específico para curvas convexas

Curva vertical cóncava

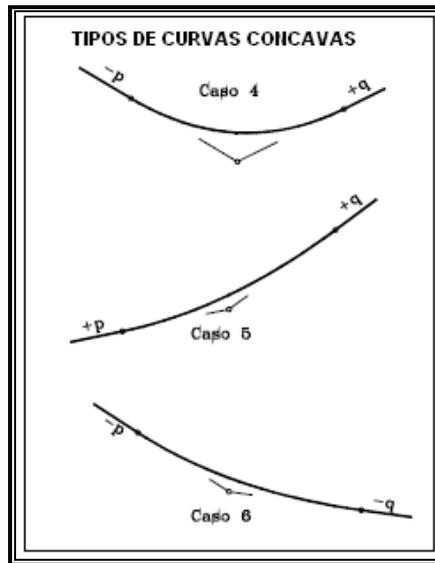
Al igual que la curva convexa también presenta tres casos diferentes:

Caso 4.  $p < 0$ ,  $q > 0$

Caso 5.  $p > 0$ ,  $q > 0$ ,  $p < q$

Caso 6.  $p < 0$ ,  $q < 0$ ,  $p < q$

**Figura 14.** Tipos de Curvas Cóncava



**FUENTE:** CUEVA 2006

Para este tipo de curva, existe en el Caso 4, un punto en la curva donde se presenta la cota mínima. Los otros dos casos, 5 y 6, presentan su cota mínima sobre la curva al principio y al final de esta, respectivamente

**Tabla 33.** Valores Mínimo del Coeficiente "K" Cóncavas Mínimas

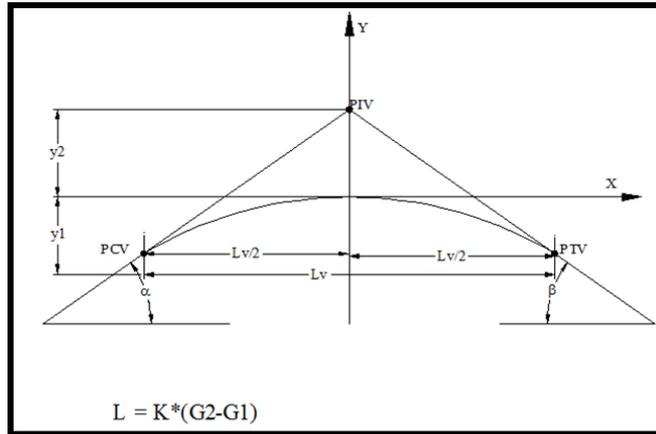
VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS										
Clase de Carretera					Valor			Valor		
					Recomendable			Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I <sub>o</sub>	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

**Elaborado por:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

La longitud mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_{cv_{\min}} = 0,60 * Vd$$

**Tabla 34.** Calculo de curvas Verticales.



CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES								
Curva Vertical N	Gradientes %		Longitud (m)	Diferencia Gradientes A.D	Coeficiente K	Punto Inicio PCV	Punto Intersección PVI	Punto Final PTV
	G1	G2						
1	-9,996	-4,437	40	5,56	7,195	0 + 160,661	0 + 180,661	0 + 200,661
2	-4,437	3,627	50	8,063	6,201	0 + 291,882	0 + 316,882	0 + 341,882
3	3,627	-1,698	40	-5,324	7,513	0 + 362,239	0 + 382,239	0 + 402,239
4	-1,698	3,057	40	4,755	8,412	0 + 432,212	0 + 452,212	0 + 472,212
5	3,057	0,784	40	-2,273	17,595	0 + 537,541	0 + 557,541	0 + 577,541
6	0,784	6,118	50	5,334	9,374	0 + 682,760	0 + 707,760	0 + 732,760
7	6,118	-0,327	30	-6,445	4,655	0 + 743,870	0 + 758,870	0 + 773,780
8	-0,327	4,81	40	-4,483	8,922	0 + 922,889	0 + 942,889	0 + 962,889
9	4,81	3,389	200	8,199	24,393	1 + 190,731	1 + 290,731	1 + 390,731
10	3,389	0,762	50	-2,627	19,032	1 + 541,784	1 + 566,784	1 + 591,784
11	0,762	4,196	80	3,434	23,294	1 + 664,997	1 + 704,997	1 + 744,997
12	4,196	9,708	100	5,512	18,141	1 + 828,732	1 + 878,732	1 + 928,732
13	9,708	-4,936	60	-14,644	4,097	1 + 987,786	2 + 017,786	2 + 047,786
14	-4,936	0,633	40	5,569	7,183	2 + 067,303	2 + 087,303	2 + 107,303
15	0,633	-2,126	100	-2,759	36,248	2 + 207,769	2 + 257,769	2 + 307,769
16	-2,126	-8,621	80	-6,495	12,318	2 + 449,550	2 + 489,550	2 + 529,550
17	-8,621	1,147	120	9,768	12,285	2 + 653,165	2 + 713,165	2 + 773,165
18	1,147	-3,555	60	-4,703	12,758	2 + 862,399	2 + 892,399	2 + 922,399
19	-3,555	1,622	60	5,177	11,589	2 + 931,923	2 + 961,923	2 + 991,923
20	1,622	-1,602	80	-3,224	24,812	3 + 112,043	3 + 152,043	3 + 192,043
21	-1,602	1,875	50	3,477	14,38	3 + 215,138	3 + 240,138	3 + 265,138
22	1,875	-2,516	100	-4,39	22,777	3 + 312,712	3 + 362,712	3 + 412,712
23	-2,516	4,25	50	6,766	7,39	3 + 615,064	3 + 640,064	3 + 665,064

24	4,25	-11,5	100	-15,751	6,349	3 + 718,122	3 + 768,122	3 + 818,122
25	-11,5	-0,159	300	11,342	26,45	4 + 294,174	4 + 444,174	4 + 594,174
26	-0,159	-11,03	180	-10,875	16,551	4 + 723,513	4 + 813,513	4 + 903,513
27	-11,03	-2,057	40	8,959	4,465	5 + 261,937	5 + 281,937	5 + 301,937
28	-2,057	-6,161	40	-4,086	9,79	5 + 360,790	5 + 380,790	5 + 400,790
29	-6,161	-3,188	30	2,973	10,091	5 + 425,597	5 + 440,597	5 + 455,597
30	-3,188	-6,469	40	-3,28	12,193	5 + 503,727	5 + 523,727	5 + 543,727
31	-6,469	-2,273	100	4,196	23,831	5 + 580,767	5 + 630,767	5 + 680,767
32	-2,273	0,637	50	2,909	17,185	5 + 772,677	5 + 797,677	5 + 822,677
33	0,637	-3,758	70	-4,395	15,927	5 + 867,465	5 + 902,465	5 + 937,465
34	-3,758	-9,143	70	-5,385	13	6 + 032,440	6 + 067,440	6 + 102,440
35	-9,143	-4,155	50	4,988	10,025	6 + 425,768	6 + 450,768	6 + 475,768
36	-4,155	-2,3	50	1,856	26,944	6 + 530,685	6 + 555,685	6 + 580,685

**Elaborado :** Alulema - Gomez

#### 8) Visibilidad En Curvas Verticales

Determinar la longitud apropiada de cada una de las curvas verticales que conforman dicha rasante. Esta longitud debe ser tal que además de brindar comodidad y suministrar una agradable apariencia y un adecuado drenaje, garantice la suficiente seguridad al menos en lo que respecta a la distancia de visibilidad de parada. Se hace entonces necesario determinar la longitud mínima de la curva vertical de modo que a lo largo de esta y en sus proximidades se tenga siempre la distancia de visibilidad de parada.

Para determina esta longitud se debe tener en cuenta si se trata de una curva vertical cóncava o una curva vertical convexa ya que las condiciones de visibilidad son diferentes. A su vez cada tipo de curva presenta dos casos; el primero cuando tanto el vehículo como el obstáculo se encuentran por fuera de la curva vertical y el segundo cuando ambos se encuentran ubicados dentro de la curva vertical.

9) Curvas Cóncavas Con Longitud De Visibilidad Menor Que La Longitud De La Curva

Este problema se presenta únicamente en las curvas verticales cóncavas durante la noche en que el objeto sobre la vía debe ser visto por el conductor con la luz que ilumina sobre la vía, es decir la línea de luz de los faros determina la distancia de visibilidad que suponemos está a 0,60 m sobre el nivel de la calzada, y que esta luz hace un ángulo de 1 grado con la horizontal.

Cuando la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva es válida la aplicación de la ecuación siguiente:

$$L_v = C_1 * A$$

Los coeficientes C y C1 se han calculado para las diferentes velocidades de diseño adoptadas por el MTOP con estos resultados:

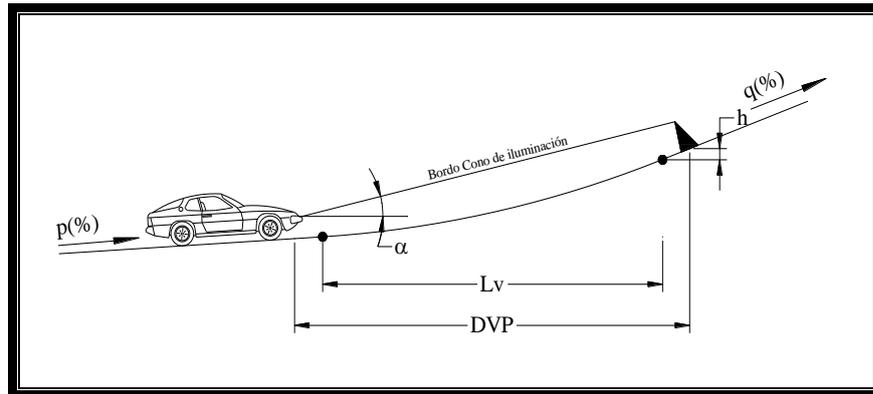
**Tabla 35.** COEFICIENTE “C” PARA EL CALCULO DE LA LONGITUD DE VISIBILIDAD

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD (m)	C = D <sup>2</sup> /426 CONVEXAS	C1=D <sup>2</sup> /122+3,5*D CÓNCAVAS
40	45	5	7
50	60	8	11
60	75	13	15
70	90	19	18
80	110	28	24
90	140	46	32
100	160	60	38
110	190	85	46

FUENTE: MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

El valor de la longitud  $L_v$  de la curva vertical que asegura la distancia de visibilidad “D” se encontrará multiplicando el valor del coeficiente “C” por la suma de gradientes de las líneas que enlaza A.

**Figura 15.** Longitud de visibilidad



**FUENTE:** MTOP-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERA

10) Distancia De Visibilidad En Curvas

*Distancia De Visibilidad Para El Rebasamiento De Un Vehículo.*- La distancia de visibilidad para el rebasamiento se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad. Aunque puede darse el caso de múltiples rebasamientos simultáneos, no resulta práctico asumir esta condición; por lo general, se considera el caso de un vehículo que rebasa a otro únicamente. Usualmente, los valores de diseño para el rebasamiento son suficientes para facilitar ocasionalmente rebasamientos múltiples. Para el cálculo de la distancia mínima de rebasamiento en carreteras de dos carriles, se asume lo siguiente:

1. El vehículo rebasado circula con velocidad uniforme.
2. Cuando llega a la zona de rebasamiento, el conductor del vehículo rebasante requiere de corto tiempo para percibir dicha zona y reaccionar iniciando la maniobra.
3. El vehículo rebasante acelera durante la maniobra y su velocidad promedio durante la ocupación del carril izquierdo es de 16 kilómetros por hora, mayor a la del vehículo rebasado.

4. Cuando el vehículo rebasante regresa a su propio carril del lado derecho, existe un espacio suficiente entre dicho vehículo y otro que viene en sentido contrario por el otro carril.

5. Esta distancia de visibilidad para rebasamiento está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:

$d_1$  = distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.

$d_2$  = distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo.

$d_3$  = distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra.

Asumir de 30 m a 90 m.

$d_4$  = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir,  $2/3$  de  $d_2$ . Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

Es decir, la distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo es igual a:

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Las distancias parciales arriba indicadas se calculan por las siguientes fórmulas:

$$d_1 = 0.14 t_1 (2V - 2m + at_1)$$

$$d_2 = 0.28 V t_2$$

$$d_3 = 30 \text{ m a } 90 \text{ m}$$

$$d_4 = 0.18 V t_2$$

en donde:

$d_1, d_2, d_3$  y  $d_4$  = distancias, expresadas en metros.

$t_1$  = tiempo de la maniobra inicial, expresado en segundos.

$t_2$  = tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izquierdo, expresado en segundos.

$V$  = velocidad promedio del vehículo rebasante expresada en Kilómetros por hora.

$m$  = diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el vehículo rebasado, expresada en kilómetros por hora.

Esta diferencia se la considera igual a 16 kph/h promedio

$a$  = aceleración promedio del vehículo rebasante, expresada en kilómetros por hora y por segundo.

La distancia  $d_4$  que debe existir entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto al final de la maniobra es variable y, de acuerdo con las pruebas y observaciones realizadas por AASHTO, esta distancia varía entre 30 y 91 metros.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

##### **a. Diseño Geométrico De La Vía**

###### 1) Generalidades

La rehabilitación de este proyecto generará tráfico, en la Carretera San Isidro de Patulu — Puente de Guano (Sector Barrio La Nube), y por las posibilidades agrícolas y ecológicas de la zona. En el futuro, las posibilidades de incrementar el tráfico son promisorias.

###### 2) Adopción De Normas, Parámetros Geométricos Y Criterios De Diseño

El objetivo del estudio es elaborar el Expediente Técnico a nivel de licitación que permita a una entidad pública o privada realizar el mejoramiento de la Carretera San Isidro de Patulu – Puente de Guano (Sector Barrio La Nube).

En consecuencia no se trata de realizar un nuevo diseño geométrico horizontal - vertical, sino más bien revisar y evaluar el existente, para en función del TPDA, actualizar los parámetros de diseño geométrico y la sección transversal típica requerida para el tráfico proyectado para la vida útil de la carretera.

Los criterios de diseño propuestos para la ejecución del proyecto, verificar los trabajos previos realizados, definir los orígenes y finales del proyecto, concretar la sección típica a implementarse en función de los anchos existentes y del tráfico esperado, observar las deformaciones de la calzada, ocasionadas por defectos constructivos, falta de mantenimiento, hundimientos por consolidación, etc. Se realizó un recorrido de exploración terrestre a lo largo del proyecto.

Luego de dicho recorrido se llegó a los siguientes acuerdos y recomendaciones más importantes:

- Definir al proyecto como carretera clase IV en terreno montañoso y adaptar los valores y parámetros de diseño geométrico correspondientes a esta clase de vía.
- En lo referente al trazado horizontal: mantener el alineamiento horizontal de la vía existente con mejoramientos en la curva principal de ingreso para evitar posibles accidentes en los mismos.
- En lo referente al proyecto vertical; diseñar un proyecto de regularización de la rasante actual para corregir deformaciones y defectos constructivos, aprovechando al máximo la estructura y materiales existentes en la zona
- En lo referente a la sección transversal típica: implementar la sección transversal correspondiente a carretera clase IV en terreno montañoso, la que básicamente consiste en una calzada de 5,80 m. de ancho con espaldones de cada lado.
- En lo referente al drenaje superficial: realizar una evaluación del drenaje existente y proponer los correctivos necesarios para las cunetas, analizando la necesidad de incrementar estructuras, reparar o ampliar las existentes, y construir nuevas cunetas debido a la ampliación del ancho de vía.

### 3) Replanteo del Eje Horizontal

Es necesario aclarar que no se trata de un replanteo del eje propiamente dicho, sino más bien de una localización directa del mismo, recuperando en el campo el eje original de la vía y realizando las correcciones necesarias en los sectores en los cuales el trazado ha sido alterado por defectos constructivos, por derrumbes o mantenimiento defectuoso. Este trabajo ha consistido en la materialización en el terreno, del eje existente, de las tangentes y curvas de enlace

con todos sus elementos de trazado: ángulo de deflexión, radio de curvatura, espirales de transición, etc.

#### 4) Referencia del Eje

Una vez materializado el eje de la vía, este fue debidamente referenciado, mediante la colocación de mojones de hormigón en los PC y PT de las curvas, así como en los POTs de las tangentes.

#### 5) Nivelación Geométrica

Cada uno de los puntos estacados, fueron nivelados geoméricamente partiendo del hito del IGM. El control altimétrico fue realizado en base a circuitos cerrados con nivelación de ida y regreso y con la colocación de BMs a distancias no mayores de 200 m.

#### 6) Levantamiento de Perfiles Transversales

En todos los puntos estacados se tomaron perfiles transversales con acotamientos en los bordes y fondos de cuneta, pie de taludes, hasta cubrir una faja de 30 m. a cada lado de la carretera.

#### 7) Levantamiento de obras de arte existentes

En la topografía se levantaron todas las alcantarillas existentes obteniéndose longitudes, ancho, alto, cotas de entrada y salida, cabezales, así como: casas, postes, muros de contención, etc.

#### 8) Trabajos De Oficina

En base a los datos de campo se determinaron las coordenadas y se dibujó la franja topográfica con todos sus detalles (vía existente, construcciones, alcantarillas, etc.) en hojas del tamaño y formato que el MOP tiene para el efecto.

Cada hoja contiene un kilómetro de planta en correspondencia con 1 Km. de perfil longitudinal en escalas indicadas<sup>9</sup>

#### 9) Proyecto Horizontal

Dadas las buenas características geométricas del trazado en planta de la vía existente, que permiten velocidades directrices superiores a 40 Km/h, se ha mantenido el eje horizontal con todos sus elementos de diseño (radios, deflexiones y transiciones).

#### 10) Proyecto Vertical

Este ha consistido en un proyecto de regularización de la rasante actual con los siguientes objetivos:

- Se aprovechara al máximo la capa actual de rodadura.
- Corregir dentro de lo posible los defectos constructivos del proyecto original tales como: curvas verticales sin visibilidad, corregir el mal drenaje de la vía mediante la elevación de la rasante en zonas planas para permitir el drenaje transversal de la calzada.
- Se trata de reponer la geometría vertical original distorsionada por derrumbes, mal mantenimiento, hundimientos, consolidaciones, las producidas por el tráfico, por la deficiencia del drenaje superficial, etc.
- Se utilizara al máximo y dentro de lo posible la obra básica existente, las obras de arte menor y mayor muros de sostenimiento.

---

<sup>9</sup> ALULEMA - GOMEZ, 2010, Planos de Diseño Vial.

- El punto de aplicación del perfil longitudinal, es el nivel a la rasante actual regularizada. Sobre la superficie de la rasante regularizada se han implementado las capas adicionales del pavimento resultantes del nuevo diseño.

#### 11) Características Geométricas

Con el objeto de visualizar las características del alineamiento horizontal, se ha elaborado el cuadro correspondiente a velocidades de diseño en función de los radios de curvatura agrupados en rangos de variación en correspondencia con las velocidades de diseño para establecer el número de radios para cada velocidad y su porcentaje con respecto al total.

Con el fin de visualizar las características geométricas y parámetros de diseño vertical se ha preparado el cuadro de gradientes y velocidades, en el que consta las pendientes longitudinales del proyecto del 0% al 12% con rangos de variación del 1%, en correspondencia con las respectivas velocidades de circulación, la longitud virtual expresada como distancia horizontal y su respectivo coeficiente virtual en base al cual se ha calculado la longitud virtual para cada rampa y para la longitud total del proyecto, así como sus porcentajes para cada gradiente en función de la longitud real.

Finalmente, con el objeto de tener una idea de las características generales del proyecto en lo referente al proyecto horizontal, vertical y sección transversal se ha elaborado los planos correspondientes.

#### 12) Sección Transversal Típica

Luego del estudio de tráfico según el cual T.P.D.A. es de **101 vel/día**, de la zonificación topográfica y el análisis de las características del trazado geométrico, se clasificó a la vía como clase IV en terreno montañoso, cuya

sección transversal típica de acuerdo a las Normas de Diseño Geométrico, básicamente consiste:

- En una calzada de 6.00 m. de ancho en correspondencia con la capa de rodadura con el 2% de inclinación.
- Dos espaldones, uno a cada lado de la calzada de ancho variable con la misma inclinación y recubrimiento de la calzada.
- Una cuneta que se determina en el estudio hidrológico todo en forma de “V” al lado del corte, con una profundidad mínima de 0,40 m. con talud de 2H y 1V al lado del pavimento y 1H y 2V al lado de la lateral.
- Una cuneta revestida en los rellenos, 0.7 m. de ancho, 0.4 m. de profundidad.

#### **b. Estudio Hidráulico.**

Para el drenaje de carreteras es de vital importancia la construcción de obras de arte dirigidas específicamente a recoger, conducir y evacuar el agua superficial que se acumula sobre ó en sectores próximos a la vía.

Y para que trabaje de manera eficiente durante y después de fuertes precipitaciones, ésta deberá estar sometida a una limpieza y reparación rutinaria del drenaje.

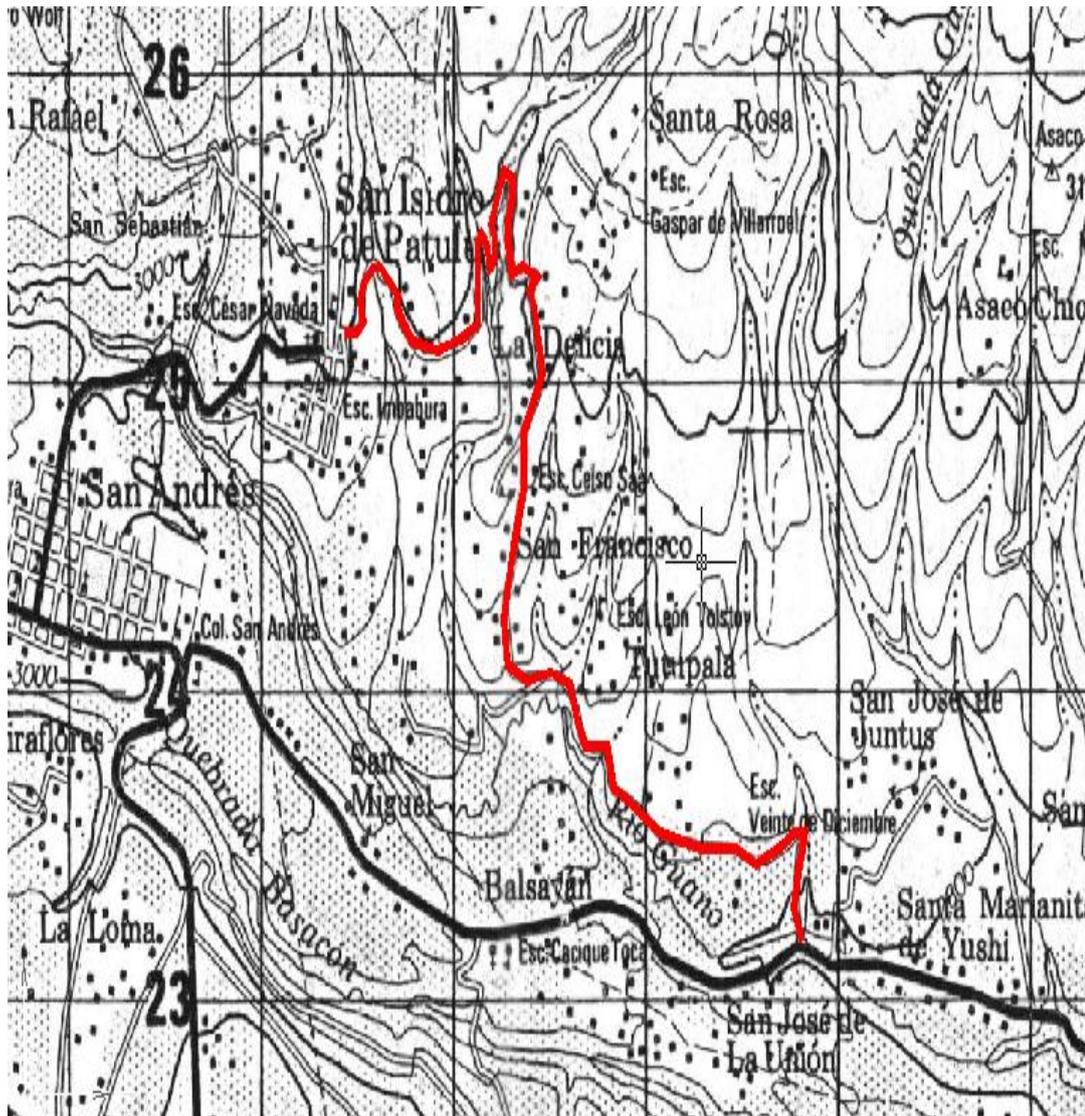
Para evitar posibles problemas de drenaje superficial y erosión del suelo, se debe realizar un estudio minucioso del trazado de la vía. El trazado ideal desde el punto de vista del drenaje, omite las pendientes pronunciadas, los desmontes rápidos y los terraplenes, sitios donde se observa problemas para el control de la

erosión. Hay que considerar entonces que el drenaje superficial es un factor muy importante para el trazado de carreteras.

Luego de haber establecido el trazado definitivo de la vía, debe tomarse en consideración todas las obras de drenaje que se presentarán a lo largo del proyecto, ya que sin una adecuada instalación de drenaje, tanto superficiales como subterráneas, afectará directamente en el tiempo de la vida útil del camino, sin considerar que tan buena o no sea la estructura del pavimento.

Las dimensiones de las estructuras de drenaje deberán estar basadas en un cierto caudal razonable de diseño, así como en las características del sitio y en consideraciones ambientales. La determinación del caudal correcto de diseño o de un valor razonable es de importancia fundamental, para que la estructura pueda funcionar correctamente y para prevenir fallas en las estructuras. Cualquier alcantarilla tiene una capacidad de flujo finita que no debería excederse. Los puentes también tienen una capacidad específica para la sección transversal de diseño, pero es generalmente grande. El diseño de cruces para condiciones de estiaje se basa en estimaciones tanto de los caudales mínimos como de los máximos para ese drenaje en particular.

La mayoría de los métodos de determinación del caudal implica la definición o estimación del área de drenaje. Este trabajo usualmente se realiza mediante la delineación del área de la cuenca de captación sobre un mapa topográfico.



**FIGURA 16. ZONIFICACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA**  
**FUENTE: HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO**

Idealmente, deberían usarse mapas topográficos a una escala de 1:10 000 o 1:20 000 para el diseño del proyecto de drenaje.

**Método Racional.-** Se usa con mucha frecuencia para la determinación de caudales en cuencas de captaciones pequeñas y se puede aplicar en la mayoría de las zonas geográficas. Resulta particularmente útil cuando no se tienen datos de flujo de arroyos locales y se puede usar para hacer una estimación aproximada del

caudal para grandes cuencas de captación, a falta de otras opciones. Es por eso que la Fórmula Racional se presenta a continuación y se explicara brevemente.

$$Q=(C*I*A)/360$$

**Q** = Caudal de diseño, m<sup>3</sup>/s.

**C** = Coeficiente de escorrentía, a dimensional.

**I** = Intensidad de lluvia, mm/hora.

**A** = Área de drenaje, has.

**Coeficiente de Escorrimento (C)**, En estos valores se reflejan las diferentes características de la cuenca de captación que afectan el escurrimiento. El diseñador debe desarrollar experiencia y usar su criterio para seleccionar el valor apropiado de C. Puede observarse que el valor de C es posible que cambie en el curso de la vida útil de la estructura, como puede ser debido a cambios en el uso del suelo de un bosque para convertirse en terrenos agrícolas, o como resultado de un incendio en la cuenca de captación.

**Tabla 36.** Coeficiente De Escorrentia Para La Ecuacion Racional

TIPO DE AREA DE DRAJAJE O SUPERFICIAL	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C"	
	MINIMO	MAXIMO
Pavimentos de hormigón u hormigón asfáltico	0.75	0.95
Pavimentos de macadam asfáltico o superficies de grava tratada	0.65	0.8
Pavimentos de grava, macadam, etc.	0.25	0.6
Suelo arenoso, bosques o materiales espesos	0.15	0.3
Grava, ninguna o escasa vegetación	0.2	0.4
Grava, bosques o matorrales espesos	0.15	0.35
Suelos arcillosos, ninguna o escasa vgetación	0.35	0.75
Suelo arcilloso, bosques o vegetación abundante	0.25	0.6

\* Los valores mas altos son aplicables solo a suelos mas compactos y a taludes Incluidos

**Fuente :** Ven Te Chow

**Área (A)**, es simplemente la superficie de la cuenca de captación que contribuye con escurrimientos hacia el cruce de drenaje. Sus límites abarcan desde uno de los parte aguas de drenaje hasta el opuesto y hacia abajo hasta llegar al cruce.

En la superficie de un camino, el “área de drenaje” es el talud del corte y el área de la superficie de la calzada entre drenes transversales o las cunetas de salida.

**Intensidad de lluvia (I)**, es el tercer factor, y el que resulta más difícil de obtener. Se expresa como la intensidad promedio de lluvia en milímetros por hora (mm/h) para una cierta frecuencia de recurrencia y para una duración igual al Tiempo de Concentración de la cuenca de captación. Al inicio de una tormenta, el escurrimiento desde partes distantes de la cuenca de captación no ha llegado al punto de descarga.

Una vez que el escurrimiento alcanza el punto de descarga, más allá del tiempo de concentración, tendrá lugar un régimen de flujo estable. Este periodo inicial constituye el “Tiempo de Concentración”. Para el caso de cuencas de captación muy pequeñas, se recomienda un tiempo mínimo de concentración de 5 minutos para encontrar la intensidad que se usará en la determinación de los caudales de diseño.

#### 1) Análisis Del Régimen Pluvial En El Área De Influencia Del Proyecto

El lugar donde se desarrolla el proyecto tiene un área de influencia que le corresponde a un clima tropical de altura, esto es, muy suavizado en temperaturas y escaso en lluvias, lo que origina en algunas zonas incluso un clima y vegetación semidesérticos; esto contrasta con los páramos de altura y los nevados.

## 2) Intensidades de lluvia

Con el objeto de tener mayor precisión en el cálculo de caudales se debe entonces considerar la influencia de las magnitudes de precipitación pluvial, siendo así se han definido las siguientes curvas de ***Intensidad-Duración-Frecuencia***. En el cual ingresa como dato básico el correspondiente a la precipitación máxima en 24 horas para la zona en estudio, valor que se encuentra implícito en el parámetro  $I_d$  de acuerdo a las siguientes relaciones establecidas por **INAMHI** para la Provincia de Chimborazo ubicada con un código de ubicación política **16** en su última versión del 2005.

$$\text{Para } 5\text{min} < t < 25\text{min} \gg \gg I_t, T_r = 76,946 * t^{-0.4583} * I_d$$

$$\text{Para } 25\text{min} < t < 1.440\text{min} \gg \gg I_t, T_r = 174,470 * t^{-0.7143} * I_d$$

Donde:

$I_t, T_r$  = Intensidad máxima de lluvia con duración  $t$  y periodo de retorno  $T_r$  en años.

$t$  = Duración de la lluvia en minutos.

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

$P_d$  = Precipitación diaria (precipitación máxima en 24 horas), mm.

Para poder comprender con mayor facilidad la metodología aplicada se presenta a continuación la zonificación del país y las isolíneas de  $I_d$  para un periodo de retorno de 10 años.

**Tabla 37.** Indice De Estaciones Meteorologicas Con Informacion Publicada

<b>DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES</b>									
<b>Nombre de la Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Periodo Registros</b>	<b>Código</b>	<b>Provincia</b>	<b>Tipo</b>	<b>Institución Propietaria</b>	<b>Página de Pluviometría</b>
			<b>( m )</b>						
San Gerardo	01°38'00" S	78°37'00" W	2695	1973-1990	M-096	6	CO	INAMHI	100
Guano	01°36'19" S	78°37'11" W	2620	1980-1990	M-408	6	PV	INAMHI	100
Urbina	01°28'59" S	78°42'37" W	3619	1964-1985	M-390	6	PG	INAMHI	
San Juan Ch.	01°37'35" S	78°47'00" W	3220	1964-1998	M-393	6	PV	INAMHI	100
Cajabamba	01°41'05" S	78°45'47" W	3160	1963-1990	M-394	6	PV	INAMHI	
Guaslán	01°43'15" S	78°39'40" W	2850	1964-1990	M-133	6	CO	INAMHI	
Riobamba Aeropuerto	01°39'00" S	78°39'00" W	2796	1934-1988	M-057	6	AR	DAC	100

**FUENTE: INAMHI**

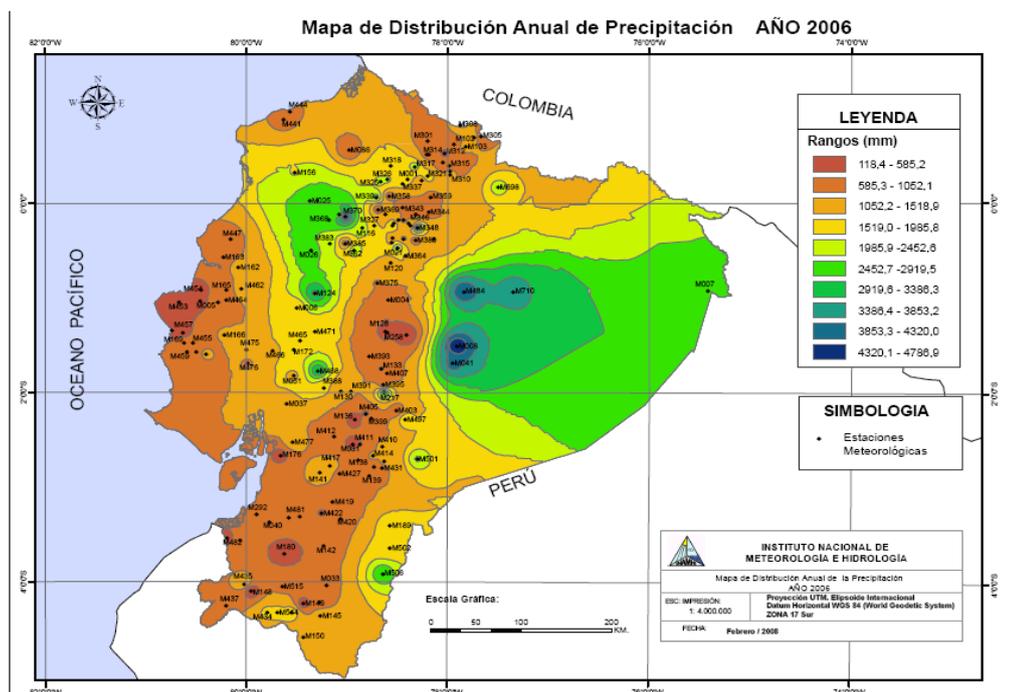
El Tipo y Código corresponde a la denominación de las estaciones por el INAMHI.

**Tabla 38.** Código y Tipo de Estación Meteorológicas.

<b>Código</b>	<b>Tipo de Estación</b>
<b>AP</b>	Agrometeorologica
<b>CP</b>	Climatología Principal
<b>CO</b>	Climatología Ordinaria
<b>CE</b>	Climatología Especial
<b>AR</b>	Aeronáutica
<b>RS</b>	Radio Sonda
<b>PV</b>	Pluviométrica
<b>PG</b>	Pluviografica
<b>PC</b>	Plataforma Colectora de Datos
<b>AN</b>	Anemográfica

**FUENTE: INAMHI**

**Figura 17. ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LLUVIA AÑO 2006**



FUENTE: INAMHI

### 3) Información meteorológica en estación Riobamba – aeropuerto (m – 057)

En los siguientes cuadros 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 principal para el periodo 1959-1984 (26 años) localizada en las coordenadas 01° 39' 00" S y 78° 39' 00" W, a 2760 msnm.

**Tabla 39.** Información De La Estación Meteorológica (Riobamba – Aeropuerto)

AÑO	TEMP. °C	HUM %	HELIOF	NUBO,	EVAPO,	PRECP,	Pmáx24h,	DÍAS c /
			horas	octavos	mm	mm	mm	LLUVIA
1959	13,0	80	n/d	6,0	n/d	443,90	27,60	158,00
1960	14,0	77	n/d	6,0	n/d	244,50	16,80	89,00
1961	12,6	80	n/d	6,0	n/d	276,80	29,00	70,00
1962	12,9	77	1509,20	6,0	401,50	467,80	32,40	96,00
1963	13,5	73	1546,10	6,0	625,60	500,30	20,90	134,00
1964	13,3	73	1868,20	6,0	2120,00	418,10	24,40	176,00
1965	n/d	73	1898,10	6,0	1720,80	479,30	25,60	182,00
1966	13,9	72	1122,80	6,0	965,50	370,90	25,40	132,00
1967	13,3	72	n/d	6,0	241,40	358,90	22,10	138,00
1968	13,5	70	1869,00	6,0	634,70	253,10	20,30	86,00
1969	13,7	75	1630,20	6,0	1209,10	482,50	47,60	128,00
1970	13,2	78	1750,90	7,0	1111,10	574,90	35,40	149,00
1971	13,0	75	1179,00	7,0	1044,30	526,70	20,10	160,00
1972	13,5	79	1588,70	6,0	1017,60	473,90	28,40	131,00
1973	13,9	69	1668,10	7,0	n/d	276,50	15,30	91,00
1974	13,3	68	1444,30	6,0	771,70	452,50	18,80	163,00
1975	13,0	70	1579,90	7,0	823,00	621,00	24,30	186,00
1976	13,4	68	1653,10	6,0	1073,90	390,00	18,80	141,00
1977	13,8	70	1702,00	6,0	931,50	365,30	25,00	132,00
1978	13,8	73	1828,10	6,0	1067,00	373,80	22,60	135,00
1979	14,0	72	n/d	6,0	1250,80	274,60	28,10	104,00
1980	13,9	71	n/d	6,0	n/d	373,60	24,60	91,00
1981	14,3	70	1750,40	6,0	n/d	433,20	26,20	130,00
1982	14,4	76	1534,50	n/d	n/d	581,80	26,00	n/d
1983	13,9	73	1536,60	6,0	n/d	627,40	25,40	148,00
1984	13,5	77	1493,90	6,0	n/d	668,50	22,00	n/d
<b>PROMEDIO</b>	13,5	74	1607,66	6,2	1000,56	434,99	25,12	131,25

**FUENTE:** INAMHI

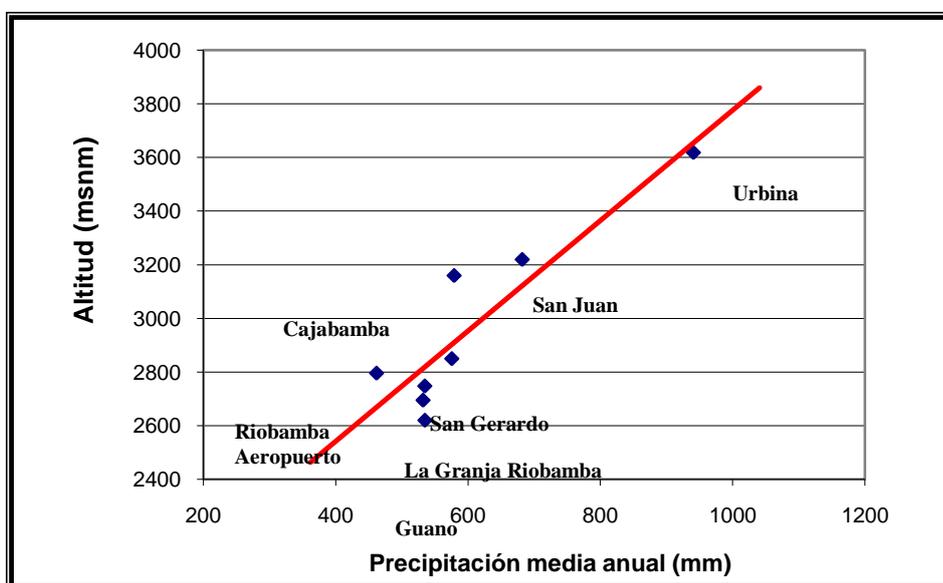
**Tabla 40.** Precipitaciones Anuales en las Estaciones Meteorológicas, que se encuentran en la Provincia de Chimborazo.

AÑO	ESTACION			
	Riobamba - Aeropuerto	San Gerardo	Guano	Riobamba - Espoch
	M - 057	M - 096	M - 408	M - A10
1963	500,30	478,10	501,50	586,50
1964	418,10	296,10	415,20	361,80
1965	479,30	392,50	478,90	480,90
1966	370,90	349,70	366,00	428,10
1967	358,90	465,70	353,30	571,30
1968	253,10	341,50	243,80	520,70
1969	488,40	583,10	488,50	737,10
1970	592,70	599,40	597,30	733,10
1971	526,70	811,60	528,40	602,80
1972	473,90	789,90	473,20	568,10
1973	276,50	532,30	268,50	515,80
1974	452,50	679,10	451,20	619,90
1975	621,00	737,00	626,80	847,50
1976	390,00	337,80	385,80	405,40
1977	365,30	415,80	360,00	406,20
1978	383,20	433,30	378,80	418,30
1979	369,20	373,00	364,00	435,10
1980	373,60	356,60	411,40	544,00
1981	433,20	425,20	395,60	509,80
1982	581,80	551,80	629,10	699,40
1983	627,40	538,40	600,00	636,70
1984	616,60	502,50	695,90	747,10
1985	399,00	352,00	354,50	430,90
1986	418,60	404,70	424,10	458,40
1987	367,20	260,40	447,50	518,00
1988	259,20	461,50	545,00	566,30
1989	348,50	424,20	466,70	486,60
1990	431,10	393,60	395,30	506,80
1991	428,70	390,90	412,20	479,00
1992	449,50	287,70	318,10	351,60
1993	655,60	512,60	563,50	629,20
1994	468,80	433,70	491,70	531,80
1995	429,20	408,70	466,00	500,70

1996	539,00	467,20	526,20	573,30
1997	422,50	436,50	268,20	535,00
1998	538,30	419,20	504,20	514,10
1999	632,90	589,00	576,00	723,60
2000	574,50	536,10	568,90	658,00
2001	316,50	303,00	355,50	370,50
2002	502,60	472,40	492,20	579,40
2003	314,00	302,70	240,80	370,10
2004	446,60	422,40	363,20	517,80
2005	437,50	413,30	410,90	506,30
<b>P Media</b>	449,60	457,70	446,60	539,10
<b>P Maxima</b>	655,60	811,60	695,90	847,50
<b>P Minima</b>	253,10	260,40	240,80	351,60
<b>S (P)</b>	104,20	127,00	108,30	115,10
<b>Cv</b>	0,23	0,28	0,24	0,21
<b>N</b>	43,00	43,00	43,00	43,00
<b>E</b> <b>=Cv/N<sup>0,5</sup></b>	0,04	0,04	0,04	0,03

FUENTE: INAMHI

Figura19. Variación de la precipitación con la altura



FUENTE: INAMHI

**Tabla 41. INTENSIDADES MÁXIMAS DE LLUVIA.**

Tr	t, en minutos						t, en horas			
	5	10	15	20	30	60	2	6	12	24
AÑOS										
2	55,20	40,20	33,40	29,20	23,10	14,10	8,60	3,90	2,40	1,50
5	64,40	46,90	38,90	34,10	26,90	16,40	10,00	4,60	2,80	1,70
<b>10</b>	<b>73,60</b>	<b>53,60</b>	<b>44,50</b>	<b>39,00</b>	<b>30,70</b>	<b>18,70</b>	<b>11,40</b>	<b>5,20</b>	<b>3,20</b>	<b>1,90</b>
25	92,00	67,00	55,60	48,70	38,40	23,40	14,30	6,50	4,00	2,40
50	110,40	80,40	66,70	58,50	46,10	28,10	17,10	7,80	4,80	2,90
100	147,20	107,10	89,00	78,00	61,50	37,50	22,80	10,40	6,40	3,90

**FUENTE: INAMHI**

#### 4) Determinación De Caudales Máximos

Para realizar el cálculo de los caudales máximos se emplea el llamado *Método Racional*, en la cual es de importancia fundamental el dato correspondiente a la *intensidad de lluvia*, que fue descrito anteriormente.

$$Q=(C*I*A)/360$$

**Q** = Caudal de diseño, m<sup>3</sup>/s.

**C** = Coeficiente de escorrentía, a dimensional.

**I** = Intensidad de lluvia, mm/hora.

**A** = Área de drenaje, has.

**Tabla 42. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “N”**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>n</b>
Tubos de Hormigón	0,012
Tubos de Metal Corrugado ó Tubos de Arco	
a) Simple o Revestido	0,024
b) Solera Pavimentada	0,019
Tubo de Arcilla Vitrificada	0,012
Tubo de hierro Fundido	0,013
Alcantarilla de Ladrillo	0,015
Pavimente Asfáltico	0,015
Pavimento de Hormigón	0,014
Parterre de Césped	0,050
Tierra	0,020
Grava	0,020
Roca	0,035
Áreas Cultivadas	0,03 - 0,05
Matorrales Espesos	0,07 - 0,14
Bosques Espesos - Poca Maleza	0,10 - 0,15
Cursos de Agua	
a) Algo de Hierva y Maleza - Poco o nada de Matorrales	0,030 -0,035
b) Maleza Densa	0,035 - 0,050
c) Algo de Maleza - Matorrales Espesos a los Costados	0,050 -0,070

**FUENTE:** Ven Te Chow.Hidraulica de Canales Abiertos

**Tabla 43. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA LA ECUACIÓN RACIONAL**

ÁREA DE DRENAJE O SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
	Pavimentos de Hormigón u hormigón asfáltico	0,75
Pavimentos de Macadán Asfáltico o Sup. de Grava Tratada	0,65	0,80
Pavimentos de Grava, Macadán etc.	0,25	0,60
Suelo Arenoso, Cultivado o con Escasa Vegetación	0,15	0,30
Suelo Arenoso, Bosques o Materiales Espesos	0,15	0,30
Grava, Ninguna o escasa Vegetación	0,20	0,40
Grava, Bosques o Matorrales Espesos	0,15	0,35
Suelo Arcilloso, Ninguna o Escasa Vegetación	0,35	0,75
Suelo Arcilloso, Bosques o Vegetación Abundante	0,25	0,60

FUENTE: VEN TE CHOW

5) Parámetros a considerar para determinar el tiempo de concentración.

Para poder aplicar correctamente el *Método Racional*, se debe sacar toda la información que nos pueda proporcionar la Carta Geográfica tales como: área de drenaje, longitud de cauce y desnivel medio de cada subcuenca analizada, sobre esta base se podrá determinar el llamado *tiempo de concentración* mediante la *fórmula de Kirpich*.

$$T_c = 0,0195 * (L^3/H)^{0,385}$$

**Donde:**

**L** = Longitud de cauce principal, metros.

**H** = Desnivel medio de la cuenca, metros.

Los resultados, que son el producto de la aplicación del método se resumen a continuación.

6) DISEÑO DE CUNETAS

Para realizar del diseño de cunetas, ya sean estas cunetas laterales de camino, de coronación, alcantarillas que se llenan parcialmente; pues están basados en el

principio fundamental de la *Mecánica de Fluidos para canales abiertos*. Estas relaciones básicas tomadas del “Manual de Diseño de Carreteras” del Ministerio de Obras Públicas, se expresan mediante la fórmula de Manning que se describe a continuación.

**Ecuación de velocidad:**

$$V = (1/n) * (R)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

**Ecuación de caudal:**

$$Q = V * A$$

**Donde:**

**Q** = Descarga o caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s.

**V** = Velocidad promedio en m/s.

**A** = Área de la sección transversal del flujo en m<sup>2</sup>.

**S** = Pendiente longitudinal del canal en m/m.

**n** = Coeficiente de aspereza de Manning.

**R** = Radio hidráulico en m.

**R** = Área de la sección mojada (m<sup>2</sup>) / Perímetro mojado (m)

Para su diseño se utilizará el método racional, y con las dos ecuaciones antes descritas servirá para poder determinar los caudales correctos.

**Ecuación del Método Racional:**

$$Q = C * I * A / 360$$

**Donde:**

**Q** = Caudal en m<sup>3</sup>/s.

**C** = Coeficiente de escorrentía.

**I** = Intensidad de precipitación pluvial en mm/h.

**A** = Área de aportación en ha. (1 ha equivale a 10000m<sup>2</sup>).

## 7) Determinación del caudal total a evacuar

Para conocer este caudal debemos conocer las zonas que aportan a la cuneta, básicamente son dos, la correspondiente al talud y a la calzada.

**Entonces:**

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$Q_t$  = Caudal total a ser evacuado, m<sup>3</sup>/s.

$Q_1$  = Caudal aportado por el semiancho de la vía, m<sup>3</sup>/s.

$Q_2$  = Caudal aportado por el talud de corte, m<sup>3</sup>/s.

Para la obtención de caudales se utilizó el método racional con un coeficiente de escorrentía " $C_1$ " equivalente a **0.50** para un suelo arcilloso, bosques o vegetación abundante, " $C_2$ " de **0.85** para Pavimentos de Grava, Macadán de la calzada y una intensidad horaria " $I$ " de **53.60 mm/hora** correspondiente a un periodo de retorno de **10 años** y una duración de aguacero de **10 minutos**.

Las distancias tomadas en cuenta para calcular en área de aporte para las cunetas son las siguientes: aporte para el talud de corte se ha estimado para una altura promedio de **15 m** y la correspondiente al semiancho de la vía equivalente a una longitud de **3 m**, de acuerdo a la sección típica adoptada para la carretera clase IV en terreno montañoso.

***Desarrollando la primera ecuación se obtiene lo siguiente:***

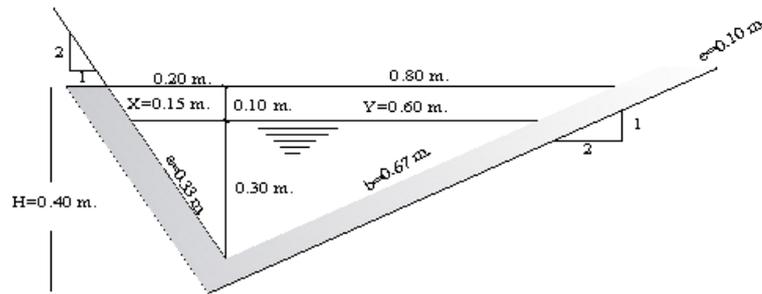
$$Q = [(C_1 * A_1 + C_2 * A_2) * I * L * 10^{-6}] / 3.60$$

***Reemplazando los datos anteriores se obtiene:***

$$Q = ((0,50 * 15 + 0,85 * 3,00) * 53,60 * L * 10^{-6}) / 3,60 = 0,149 * 10^{-3} * L$$

Esta última magnitud se compara con la capacidad hidráulica de la cuneta propuesta, resultando dos ecuaciones que expresan la longitud y velocidad de la cuneta lateral en corte en dependencia de su gradiente longitudinal, es decir.

## SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE CUNETETA LATERAL



**Figura 21.** SECCIÓN TRANSVERSAL DE CUNETETA LATERAL EN CORTE.

**Elaborado por:** Alulema – Gómez

Esta última magnitud se compara con la capacidad hidráulica de la cuneta propuesta, resultando dos ecuaciones que expresan la longitud y velocidad de la cuneta lateral en corte en dependencia de su gradiente longitudinal, es decir: (Ecuación de Manning):

$$Q = (A/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = 1,869322 \cdot S^{1/2}$$

Ecuación que al ser comparada con la inmediatamente anterior, da como resultado las que siguen:

$L = 12545,785 \cdot S^{1/2}$	$V = 17,80 \cdot S^{1/2}$
-------------------------------	---------------------------

**De donde:**

$A = 0.105m^2$  Área de sección mojada.

$P = 0.7597 m$  Perímetro mojado.

$R = 0.138 m$  Radio hidráulico.

$n = 0.013$  Para Tierra

**Reemplazando:**

$$V = (1/n) \cdot (R)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = [(1/n) \cdot (R)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}] \cdot A$$

$$Q = [(1/0.020) \cdot (0.167)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}] \cdot 0.247$$

$$Q = 1,869322 \cdot S^{1/2} \text{ (Caudal de canal)}$$

*Ecuación que al ser comparada con la anterior resulta:*

Igualando:

*(Caudal de diseño) = (Caudal de canal)*

$$0,149 \cdot 10^{-3} \cdot L = 1,869322 \cdot S^{1/2}$$

$$L = 12545,785 \cdot S^{1/2}$$

*Y reemplazamos en la siguiente ecuación de Manning obtenemos:*

$$Q = V \cdot A$$

$$V = Q/A$$

$$V = 1,869322 \cdot S^{1/2} / 0.105 \text{m}^2$$

$$V = 17.80 \cdot (S)^{1/2}$$

$$Q = 17.80 \cdot (S)^{1/2} \cdot A = 13.98 \cdot (S)^{1/2} \cdot 0.105 \text{m}^2 = 1.869 \cdot (S)^{1/2} \text{ m}^3/\text{s}.$$

**Tabla 44.** Cálculo de la Capacidad de la Cuneta

GRADIENTE	LONG. MAX (m)	VELOCIDAD (m/s)	DATOS
0,18	5279,68	0,72	<b>C1 = 0,50</b>
0,02	1556,89	0,21	<b>C2 = 0,85</b>
0,02	1800,66	0,25	<b>A1 = 15,00 x L</b>
0,01	987,86	0,13	<b>A2 = 3.00 x L</b>
0,03	2042,31	0,28	<b>I = 53,60 mm/h</b>
0,04	2426,24	0,33	
0,01	887,12	0,12	
0,17	5168,20	0,70	<b>N = 0,015</b>
0,07	3387,36	0,46	<b>A = 0,105 m<sup>2</sup></b>
0,03	2143,83	0,29	<b>P = 0,7597 m</b>
0,15	4778,94	0,65	<b>R = 0,138 m</b>
0,23	6019,36	0,82	
0,04	2543,42	0,35	<b>L = 12545,79 x S<sup>1/2</sup></b>
0,01	895,95	0,12	<b>V = 17,80 x S<sup>1/2</sup></b>
1,83	16990,17	2,32	

**Elaborado por:** Alulema - Gómez.

**Cálculos:**

**Área efectiva de la cuneta:**

$$A_e = (0.80 \cdot 0.50) / 2$$

$$A_e = 0.20 \text{ m}^2$$

**Perímetro mojado:**

$$P = (0.40^2 + 0.2^2)^{1/2} + (0.50^2 + 0.4^2)^{1/2}$$

$$P = 1.088 \text{ m}$$

**Radio hidráulico:**

$$R = A_e / P$$

$$R = 0.20 / 1.088$$

$$R = 0.1839 \text{ m}$$

**Ecuación de Manning:**

$$n = 0.013 \text{ Concreto.}$$

$$s = 0.09$$

$$V = (1/n) \cdot (R)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

$$V = (1/0.013) \cdot (0.1839)^{2/3} \cdot (0.09)^{1/2}$$

$$V = 7.463 \text{ m/s}$$

**Con la ecuación de continuidad:**

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = 7.463 \cdot 0.20$$

$$Q = 1.493 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Admisible)}$$

**Con el Método Racional reemplazamos los siguientes valores:**

$$C_1 = 0.50$$

$$C_2 = 0.85$$

$$A_1 = 15 \text{ m} \times L$$

$$A_2 = 3 \text{ m} \times L$$

$$I = 53.60$$

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

$$Q = [(0.50 \cdot 53.60 \cdot 1.5) / 360] + [(0.85 \cdot 53.60 \cdot 0.3) / 360]$$

$$Q = 0.1496 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Solicitante)}$$

$$\text{Velocidad Real} = Q/A$$

$$\text{Velocidad Real} = (0.1496 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.20 \text{ m}^2) = 0.748 \text{ m/s}$$

$$V \text{ admitida} = 7.463 \text{ m/s}$$

**Se cumple:**  $V \text{ Real} < V \text{ Admitida} \dots\dots\dots Q \text{ sol} < Q \text{ Adm} \dots\dots \mathbf{OK}$

## 8) PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA EL DRENAJE SUPERFICIAL

### 8.1 ALCANTARILLA TÍPICA.

La alcantarilla típica, es la que tiene mínimas dimensiones por varias causas, tiene las siguientes características:

**Tabla 45.** Dimensiones de Alcantarilla Típica

Diámetro	1.20 m
Rugosidad	0.03
Pendiente	0.02
Radio Hidráulico	0.30
Área mojada	1.13 (tubo lleno)
Velocidad del agua	2.11 m/s
Caudal	2.39 m <sup>3</sup> /s

**Elaborado :** Alulema – Gómez

El área de drenaje máximo que puede drenar esta alcantarilla, es  $A = 40$  Hect, sin embargo así por cuestiones de caudal no sea necesaria esta sección es la mínima requerida por mantenimiento.

### **c. Análisis De Precios Unitarios**

Es el valor que se requiere para la producción de un bien o para la realización de un rubro determinado, valor que se obtiene por unidad de medida ( $m^2$ ,  $m^3$ , m, kg, etc.), con un rendimiento determinado y está compuesto básicamente por los costos directos e indirectos.

En el análisis de precios unitarios se estudió 5 rubros los cuales comprenden al proceso constructivo de la vía. Para el análisis se tomo en cuenta el equipo, mano de obra, materiales empleados, con porcentaje de costos indirectos del 25%. Los rubros que se utilizarán en el proyecto, están basados en las Especificaciones para Construcción de Caminos y Puentes 001-F del Ministerio de Obras Públicas del Ecuador.

La especificación señala las características necesarias para cada rubro, su numeración y su forma de pago.

#### 1) COSTOS DIRECTOS

Son los gastos directamente imputables a la ejecución de una obra y con destino específico en cada una de sus etapas, y el mismo que se compone de: Equipo, mano de obra y materiales.

Materiales:

EVALUACION DE LA VIA SAN ISIDRO DE PATULU-PUENTE DE GUANO  
LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNID.	PRECIO UNIT	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
AGUA	LT	0.00	21,560.00	64.68
ARENA	M3	15.00	2.31	34.65
Agua	m3	2.00	184.50	369.00
Asfalto RC-250	lt	0.35	6,073.20	2,125.62
Cemento Portland	kg	0.13	308,884.70	40,155.01
Diesel 1	lt	0.25	2,024.40	506.10
Encofrado 1 (cunetas)	gb1	3.00	1,012.20	3,036.60
Encofrado 2 (Cabezales)	gb1	3.50	12.50	43.75
Global	gb1	1,250.00	1.00	1,250.00
Macadan	m3	7.50	666.05	4,995.38
RIPIO	M3	10.00	973.46	9,734.60
Sub base clase 3	m3	7.50	9,717.12	72,878.40
TUBERIA CEMENTO D = 600 mm	U	25.00	77.00	1,925.00
=====				
TOTAL =				137,118.790

Equipo:

EVALUACION DE LA VIA SAN ISIDRO DE PATULU-PUENTE DE GUANO  
LISTA DE EQUIPO

DESCRIPCION	COSTO X HORA	HORAS-EQUIPO	TOTAL
Barredora autopropulsada	10.00	12.15	121.50
Camion Cisterna	5.00	433.30	2,166.50
Cargadora frontal	40.00	78.21	3,128.40
Compactador mecanico	30.00	3.24	97.20
Concreteira 1 saco	5.00	1,024.70	5,123.50
Distribuidor de asfalto	48.00	12.15	583.20
GRUA MOVIL	20.00	12.32	246.40
H.MANUAL	0.01	409.64	4.10
Herramienta Menor	0.50	2,000.82	1,000.41
Motoniveladora	50.00	433.30	21,665.00
Motosierra	10.00	15.05	150.50
Retroexcavadora neumaticos	25.00	37.80	945.00
Rodillo liso	40.00	433.30	17,332.00
Tractor carriles	50.00	556.06	27,803.00
Vibrador	0.80	1,024.70	819.76
Volqueta 8 m3	5.00	156.41	782.05
=====			
TOTAL =			81,968.520

Mano de Obra:

EVALUACION DE LA VIA SAN ISIDRO DE PATULU-PUENTE DE GUANO  
LISTA DE MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CAT.	SAL.REALXHORA	HOR-HOMBRE	TOTAL
Chofer Tipo D	CHP D	2.37	589.71	1,397.61
Peón	I	2.13	16,285.54	34,688.20
Albani/Fierrero/Cadenero, etc	III	2.13	5,438.91	11,584.88
Maestro de obra	IV	2.13	1,066.35	2,271.33
Operador grupo I	OEPI	2.13	1,105.37	2,354.44
Operador grupo II	OEPII	2.13	457.59	974.67
Ayudante maquinaria SIN III	SIN	2.13	1,475.01	3,141.77
=====				
TOTAL =				56,412.890

## 2) COSTOS INDIRECTOS

Son gastos tales como: dirección de obra, gastos administrativos, locales provisionales, vehículos, servicios públicos, promoción, garantías, seguros, gastos financieros, accidentes, utilidades y otros, que una empresa u organización, realiza independientemente de una obra en particular, pero que debe cargarse a los costos de la misma en la producción adecuada, por tanto son aquellos que no pueden tener una aplicación a un producto determinado y generalmente se expresa como porcentaje de los costos directos.

## 3) PRESUPUESTO O COSTO TOTAL

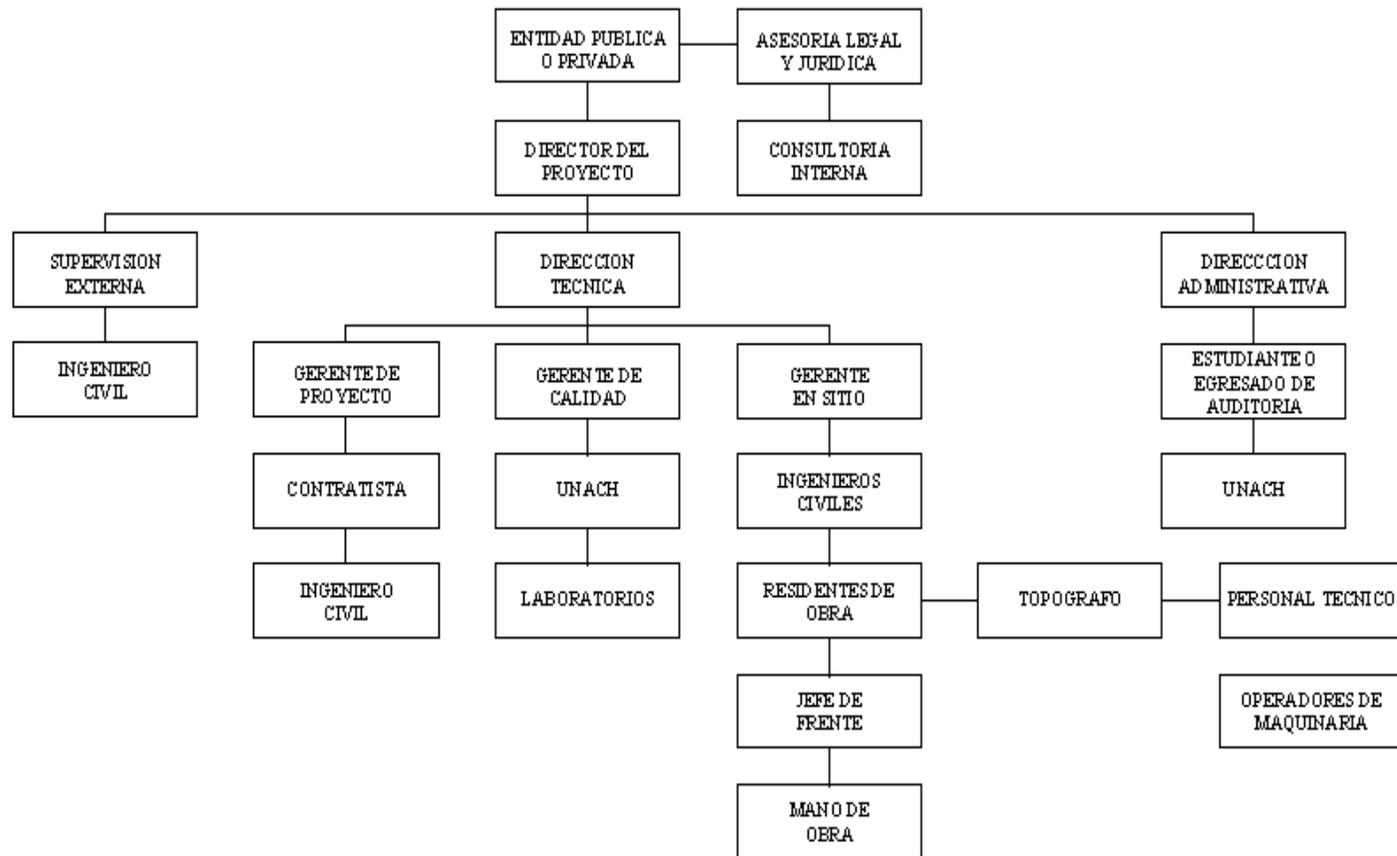
Después de haber determinado los volúmenes de obra, se establecen los diferentes rubros se realiza el análisis de precios unitarios de cada uno de ellos, para finalmente multiplicar el precio unitario de cada rubro, por la cantidad de obra a ejecutar. Conocido el precio total de cada rubro se suman los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

## 4) CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO

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

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS					
DESCRIPCION	PERIODOS				D O S
	1	2	3	4	5
OBRAS PRELIMINARES	33	33	34		
OBRAS DE DRENAJE MENOR		10	30	30	30
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			40	40	20
TOTAL PARCIAL	20843	37541	133887	112412	81252
TOTAL ACUMULADO	20843	58384	192271	304682	385934
Esc=Aband. F3=Ma.Eq.Mo F5=Presupuesto F9=Grabar Valor en % - =					Valor en :

## 5. DISEÑO ORGANIZACIONAL



## 6. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

### 6.1. MONITOREO.

Para la medición del progreso de los logros de los objetivos de la propuesta se cuentan con varias estancias de tipo legal:

La entidad pública o privada a al cual será la gestora del proyecto tendrá los siguientes procesos:

- Intervención por parte de la dirección técnica a la revisión previa de los documentos sean estos planos, especificaciones o cualquier tipo de documento el mismo que deberá ser presentado un informe sobre la intervención de la misma.

Dicho informe servirá para determinar todas las características que se han adoptado para el diseño geométrico de la carretera los mismos pueden ser modificados o a su vez adoptados.

- Intervención por parte de la dirección económica a la adjudicación de una partida la misma que pueda permitir a adjudicación de la obra; esta entidad se encargara de determinar los gastos de tipo administrativo que se pueden realizar para la adjudicación o construcción.
- Una vez determinando el procesos de construcción la supervisión externa realizara su informe conjuntamente con la entidad contratante sobre el proceso de construcción, cabe recalcar que se deberá determinar la calidad de los materiales y el uso de maquinaria correspondiente.

El monitoreo se realizará mediante el registro de acta establecida por le entidad pública o privada.

## 6.2. EVALUACIÓN

La evaluación será realizada por un equipo técnico adecuado, determinado por la entidad pública o privada, para ello se utilizarán los informes.

Los principales indicadores de evaluación serán los siguientes:

1. Caracterización del tráfico. (Cualidades y tipos)
2. Normas de diseño utilizadas
3. Determinación de tipo y orden de la carretera.
4. Alineamientos Horizontales y verticales.
5. Características Hidrológicas. ( Característica y diseño de Cunetas)
6. Estudio de los aspectos socio económicos.

## **7. ANEXO 1, 2**

### **8. MODELO DE ENCUESTAS**

**9.**

**10.**

**11.**

**12.**

**13.**

**14.**

**15.**

**16.**

**Encuesta Aplicada a la Población que utiliza la Vía San Isidro -  
Puente de Guano.**

**Fecha :**

**Sector :**

1. Esta conforme con el actual diseño de la Vía desde San Isidro hasta el Puente de Guano.

si  no

2. Cree que el ancho actual de 4.00m es el óptimo para la circulación de los vehículos.

si  no   
Porque? \_\_\_\_\_

3. ¿A tenido dificultad en su vehículo por el estado actual de la vía.

si  no

4. Cree que es una vía segura?

si  no   
Porque? \_\_\_\_\_

5. Si su destino es Viajar a Guano y si la Vía San Isidro hasta el Puente de Guano se Encontrara en buen estado, que ruta escogería?

Vía San Isidro - San Andrés - Guano.

Vía San Isidro - Puente de Guano - Guano.

6. Cual es el motivo de su viaje?

Trabajo	<input type="checkbox"/>
Regreso a Casa	<input type="checkbox"/>
Tramites	<input type="checkbox"/>
Compras	<input type="checkbox"/>
Vacaciones	<input type="checkbox"/>
Estudios	<input type="checkbox"/>

7. Hacia donde viaja frecuentemente?

Riobamba	<input type="checkbox"/>
Guano	<input type="checkbox"/>
San Andrés	<input type="checkbox"/>
San Antonio	<input type="checkbox"/>
Santa Rosa	<input type="checkbox"/>
Tutupala	<input type="checkbox"/>

17.

**Elaborado por: Alulema – Gómez.**



**20.**

**21.**

**22.**

**23.**

**24.**

**25.**

**26. ANEXO 3**

**27. REGISTRO FOTOGRAFICO**

28.

29.

30.

31.

32.

33.



**34. EQUIPO TOPOGRAFICO**



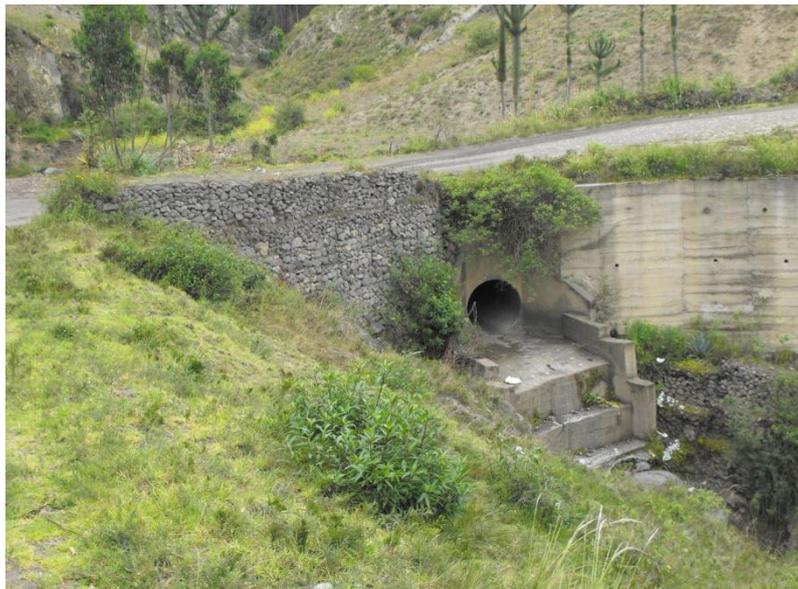
35.

36. TOPOGRAFO Y CADENEROS, COLABORACION DE COMUNEROS



37.

38. ESTADO DE LA VIA Y TRAFICO DE LA MISMA



39.

40. ESTADO ACTUAL DE LAS ALCANTARILLAS

41.



42.

43. REUNION CON MORADORES DE SAN ISIDRO DE PATULU Y REALIZACION DE ENCUESTAS DE ESTADO DE LA VIA

44.

45.

**46.**

**47.**

**48.**

**49.**

**50.**

**51.**

**52.**

**53. ANEXO 4**

**54. DOCUMENTOS - OFICIOS**

55.

56.

57.

58.

59.

60.

61.

62.

63.

64.



Riobamba, 13 de abril de 2010.

El suscrito Director de Planificación del H. Consejo Provincial de Chimborazo tiene a bien.

### CERTIFICAR:

Que una vez revisado el Plan Operativo de los años 2008, 2009 y 2010 se ha verificado que no consta ningún Proyecto de Estudio Vial en la Parroquia San Isidro, específicamente en la vía San Isidro hasta el puente de Guano.

Es todo cuanto puedo certificar, facultando a los interesados hacer uso del presente documento, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

  
Ing. Guillermo Terán F.  
DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN



CHIMBORAZO MULTICOLOR  
Dir: 1ra Constituyente y Carabobo - Riobamba  
Teléfonos: 2942619 -- 2969887ext. 110/111 fax: 2947397  
www.chimborazo.gov.ec

65.

66.

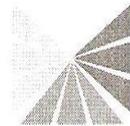
67.

68.

69

70.  
71.  
72.  
73.  
74.  
75.  
76.  
77.  
78.  
79.  
80.  
81.  
82.  
83.  
84.  
85.  
86.  
87.  
88.  
89.  
90.  
91.  
92.

93.



Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

SUBSECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCION PROVINCIAL DE CHIMBORAZO

## CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE

El suscrito Director Provincial de Chimborazo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas

**CERTIFICA:** que la **Dirección Provincial de Chimborazo** no esta realizando análisis, estudio o ejecución de obra alguna de carácter vial en la Parroquia San Isidro, cantón Guano.

El Certificado se expide en la ciudad de Riobamba, al los veinte y cinco días del mes de marzo de 2010, pudiendo el interesado hacer uso del presente como creyere conveniente.

118.  
119.  
120.

**121.**

**122.**

**123.**

**124.**

**125.**

**126.**

**127. ANEXO 5**

**128. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

129.

130.

131.

132.

133.

134.

135.