



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**



**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TITULO**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL  
“ZAÑE” UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA  
EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA**

*Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agrícola*

**AUTOR:**

*Jorge Ruperto López López*

**DIRECTOR:**

*Ing. Dans Vitela Mora, Mg. Sc.*

*Loja- Ecuador*

*2017*



## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Dans Ernesto Vilela Mg. Sc.

**DOCENTE DE LA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### CERTIFICA:

En calidad de director de la tesis titulada **“DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL “Zañe” UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA”** de la autoría del señor Jorge Ruperto López López, de ced. 1104957327 que ha concluido dentro del cronograma aprobado y autorizo se continúe con el trámite de graduación.

Lo certifico y autorizo al interesado para que haga uso del presente, en los fines que creyere conveniente.

Loja, 30 de noviembre de 2017.

Atentamente,



Ing. Dans Ernesto Vilela Mg. Sc.

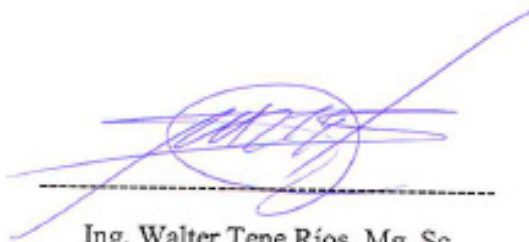
**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

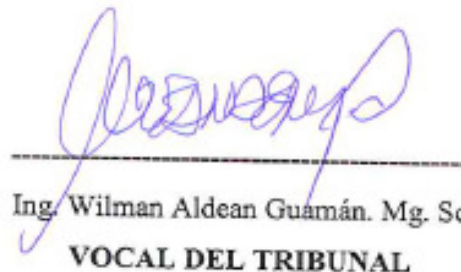
En calidad de tribunal de grado de la tesis titulada: **DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL "ZAÑE" UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA**, de autoría del señor egresado de la carrera de Ingeniería Agrícola, **Jorge Ruperto López López**, certificamos que se ha incorporado al trabajo final de tesis las sugerencias realizadas por sus miembros en sesión realizada el día y hora:

Por lo que autorizamos al señor egresado, la publicación y difusión del trabajo de tesis.


Loja, 13 diciembre de 2017.



Ing. Walter Tene Ríos. Mg. Sc  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Wilman Aldean Guamán. Mg. Sc  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**



Ing. Marco Reinoso Acaro..Mg.Sc.  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, **Jorge Ruperto López López**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional –Biblioteca Virtual.

Autor: Jorge Ruperto López López

Firma.....

Cedula: 1104957327

Fecha: Noviembre de 2017

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR,  
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **Jorge Ruperto López López**, declaro ser autor de la tesis titulada: **DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL "Zañe" UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA**, como requisito para optar el grado de Ingeniero Agrícola; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de diciembre de dos mil diecisiete, firma el autor.

Firma:.....

**Autor:** Jorge Ruperto López López

**Cédula:** 1104957327

**Dirección:** Barrio Florencia

**Correo electrónico:** jorgelopez\_2017dj@yahoo.com

**Celular:** 0986341997

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Dans Vilela Mora, Mg.Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Walter Tene Ríos. Mg. Sc

Ing. Wilman Aldean Guamán. Mg. Sc

Ing. Marco Reinoso Acaro..Mg.Sc.

## **DEDICATORIA**

A mi Dios todopoderoso por darme la sabiduría y entereza para alcanzar mis más grandes ideales de ser un profesional más al servicio del país.

A mis queridos padres José María López C, y Rosa Elvira López G, por haberme inculcado la ética del trabajo y superación; y, por ser los protagonistas de mis éxitos

A todos mis hermanos, quienes han sido un ejemplo de sacrificio, trabajo y honradez

A todos quienes han hecho posible la realización de este trabajo, por su ayuda y apoyo incondicional.

**Jorge Ruperto**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Loja

A la carrera de Ingeniería Agrícola

A todo el personal Docente por los conocimientos compartidos, al personal Administrativo por las gestiones realizadas

A la comunidad del Barrio Florencia de la parroquia El Valle, por el apoyo brindado para el desarrollo exitoso de la presente investigación

Al Ingeniero Dans Vilelea Mora, Mg.Sc., por el aporte brindado durante el asesoramiento y dirección de la presente tesis

A mis familiares en especial a mis padres por sus afectos y ayuda incondicional

A todas las personas amigas y personal de los laboratorios de la Universidad que colaboraron para la realización de este trabajo investigativo

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, .....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIV
TITULO .....	XV
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY .....	XVII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos Específicos .....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. DEFINICIÓN DE CAMINOS RURALES. ....	3
2.1.1. Caminos rurales de tierra .....	4
2.1.2. Componentes de un camino rural.....	5
2.1.3. Clasificación de las Carreteras en el Ecuador.....	7
2.1.4. Tipos de terreno.....	9
2.2. DISEÑO GEOMÉTRICO. ....	10
2.2.1. Alineamiento horizontal.....	12
2.2.2. Tangentes.....	12
2.2.3. Curvas circulares.....	13
2.2.4. Velocidades de diseño. ....	17
2.2.5. Radio mínimo de curvatura horizontal .....	20
2.2.6. Peralte .....	20
2.2.6.1. Magnitud del peralte.....	23
2.2.6.2. Desarrollo del Peralte. ....	24
2.2.7. Longitud de transición. ....	27
2.2.8. Longitud Tangencial.....	27
2.2.9. Sobreechancho.....	28
2.2.10. Alineamiento vertical. ....	30



2.2.11. Criterios generales para el alineamiento vertical .....	36
2.2.12. Combinación de alineamiento horizontal y vertical.....	36
2.3. ALCANTARILLAS.....	41
2.3.1. Elementos de una alcantarilla .....	42
2.3.2. Cuenca de drenaje .....	44
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	45
3.1. MATERIALES .....	45
Materiales de campo.....	45
Materiales de oficina.....	45
3.2. METODOLOGÍA .....	45
3.2.1. Ubicación.....	45
3.2.2. Metodología para el primer objetivo. - Realizar un estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia.....	46
3.2.2.1. Datos recabados del estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia .....	47
3.2.3. Metodología para el segundo objetivo. - Realizar el estudio y Diseño Geométrico de la vía del barrio Florencia .....	54
3.2.3.1. Trabajo de campo .....	55
3.2.3.2. Trabajo de oficina.....	56
3.2.3.3. Investigación Experimental – Laboratorio .....	56
3.2.3.4. Ensayo de granulometría AASHTO T 88-00.....	57
3.2.3.4.1. Datos recabados del estudio de granulometría.....	59
3.2.3.5. Ensayo de límites de atterberg AASHTO T 89-02.....	60
3.2.3.5.1. Datos recabados del estudio de límites.....	62
3.2.3.6. Ensayo de compactación norma T.180-D.....	63
3.2.3.6.1. Datos de compactación .....	66
3.2.4. Metodología para tercer objetivo. - Incorporar al diseño Alcantarillas Tipo que garantice la permanencia de la vía en verano e invierno. ....	84
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	100
4.1. Resultados de la aplicación del método de encuesta para validar el estudio u diseño geométrico de la vía del barrio Florencia .....	100
4.2. Resultados del estudio y diseño geométrico de la vía del barrio Florencia.....	101
4.3. Resultados para el diseño de alcantarillas tipo que garantiza la permanencia de la vía en verano e invierno.....	103
5. CONCLUSIONES .....	104
6. RECOMENDACIONES .....	105
7. BIBLIOGRAFÍA .....	106
8. ANEXOS.....	107
9. FOTOS .....	137

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Tráfico Promedio Diario Anual .....	8
<b>Cuadro 2.</b> Tipo de Carreteras .....	8
<b>Cuadro 3.</b> Tipos de Terrenos .....	9
<b>Cuadro 4.</b> Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y de coeficiente lateral “f”. 14	
<b>Cuadro 5.</b> Velocidades de diseño (Km/h) .....	19
<b>Cuadro 6.</b> Valores límites permisibles de “F” .....	23
<b>Cuadro 7.</b> Gradiente Longitudinal .....	26
<b>Cuadro 8.</b> Valores de C según ancho de calzada .....	29
<b>Cuadro 9.</b> Valores de gradientes longitudinales para diferentes tipos de terreno.....	32
<b>Cuadro 10.</b> Valores del coeficiente K para curvas convexas recomendables y mínimos en función del tipo de vía. ....	33
<b>Cuadro 11.</b> Valores del coeficiente K para curvas cóncavas recomendables y mínimos en función del tipo de vía. ....	35
<b>Cuadro 12.</b> Velocidad de Circulación en Carreteras.....	38
<b>Cuadro 13.</b> Pendientes máximas (%) .....	39
<b>Cuadro 14.</b> Criterio de diseño: Pavimentos mojados .....	41
<b>Cuadro 15.</b> Habitantes por sexo .....	47
<b>Cuadro 16.</b> Actividades que realizan .....	48
<b>Cuadro 17.</b> Familias con vehículo .....	49
<b>Cuadro 18.</b> Cría de animales.....	49
<b>Cuadro 19.</b> Luz Eléctrica.....	50
<b>Cuadro 20.</b> Agua Entubada.....	50
<b>Cuadro 21.</b> Letrinas.....	51
<b>Cuadro 22.</b> Vías de Acceso.....	51
<b>Cuadro 23.</b> Uso del Suelo.....	52
<b>Cuadro 24.</b> Destino de la producción agrícola.....	53
<b>Cuadro 25.</b> Intensidad de las lluvias en el sector.....	53
<b>Cuadro 26.</b> Análisis granulométrico .....	59
<b>Cuadro 27.</b> Datos de limite liquido .....	62
<b>Cuadro 28.</b> Datos de limite plástico .....	63
<b>Cuadro 29.</b> Resultados.....	63
<b>Cuadro 30.</b> Datos de compactación.....	66
<b>Cuadro 31.</b> Datos de compactación.....	66
<b>Cuadro 32.</b> Resultados de detalles de elemento geométricos de curvas horizontales circulares .....	75
<b>Cuadro 33.</b> Calculo de sobre ancho y peralte .....	76
<b>Cuadro 34.</b> Pendientes mínimas en relación del TPDA esperado. ....	77
<b>Cuadro 35.</b> Detalles de elemento geométricos de curvas verticales .....	81
<b>Cuadro 36.</b> Cortes y Rellenos .....	81
<b>Cuadro 37.</b> Valores de coeficiente de ponderación (K) y coeficiente de escorrentía (C).....	88
<b>Cuadro 38.</b> Valores Calculados de coeficiente de ponderación .....	88
<b>Cuadro 39.</b> Valor de Coeficiente para conductos circulares “K” .....	94

<b>Cuadro 40.</b> Cálculo de tiempo de concentración y caudal de diseño para las alcantarillas del camino rural .....	95
<b>Cuadro 41.</b> Cálculos de la velocidad y tipo de flujo en el software Hcanales.....	95
<b>Cuadro 42.</b> Coeficientes de rugosidad de Manning .....	97
<b>Cuadro 43.</b> Cálculo del caudal de diseño de las cunetas .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Términos Usados para Definir a los Caminos Rurales (Sección Transversal) .....	5
<b>Figura 2.</b> Sección Estructural del Camino .....	6
<b>Figura 3.</b> Elementos de Curva Circular Simple .....	15
<b>Figura 4.</b> Estabilidad del vehículo en las curvas .....	21
<b>Figura 5.</b> Velocidades de proyecto, en km/h .....	23
<b>Figura 6.</b> Curva vertical con sus elementos .....	30
<b>Figura 7.</b> Curvas Verticales Convexas .....	33
<b>Figura 8.</b> Curvas Verticales Cóncavas.....	34
<b>Figura 9.</b> Curvas Asimétricas.....	35
<b>Figura 10.</b> Curvas Simétricas.....	35
<b>Figura 11.</b> Gráficos recomendados por la AASHTO .....	38
<b>Figura 12.</b> Las principales partes de una alcantarilla .....	42
<b>Figura 13.</b> Ubicación del área de estudio .....	46
<b>Figura 14.</b> Aplicación de encuestas en el campo .....	47
<b>Figura 15.</b> Habitantes por sexo .....	48
<b>Figura 16.</b> Actividades que realizan .....	48
<b>Figura 17.</b> Familias con vehículo .....	49
<b>Figura 18.</b> Cría Animales.....	50
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de Servicio básico de letrinas.....	51
<b>Figura 20.</b> Microcuenca Florencia .....	52
<b>Figura 21.</b> Uso del suelo .....	52
<b>Figura 22.</b> Destino de la producción agrícola .....	53
<b>Figura 23.</b> Intensidad de las lluvias en el sector .....	54
<b>Figura 24.</b> Reconocimiento del lugar .....	55
<b>Figura 25.</b> Levantamiento del polígono base.....	55
<b>Figura 26.</b> Levantamiento de la franja topográfica .....	56
<b>Figura 27.</b> Muestra de suelo.....	58
<b>Figura 28.</b> Cuarteado .....	58
<b>Figura 29.</b> Pesando la muestra .....	58
<b>Figura 30.</b> Tamices.....	58
<b>Figura 31.</b> Pasando el material.....	59
<b>Figura 32.</b> Secando el material.....	59
<b>Figura 33.</b> Curva granulométrica .....	60
<b>Figura 34.</b> Cernido y pesando el suelo .....	61
<b>Figura 35.</b> Agregando agua.....	61
<b>Figura 36.</b> Colocación de la muestra y pasado del ranurador.....	61
<b>Figura 37.</b> Dando golpes.....	62
<b>Figura 38.</b> Secado de material.....	62
<b>Figura 39.</b> Diagrama límite líquido .....	63
<b>Figura 40.</b> Cuarteado del suelo .....	64
<b>Figura 41.</b> Tamizando.....	64
<b>Figura 42.</b> Pesando el material.....	65
<b>Figura 43.</b> Mezcla con agua.....	65
<b>Figura 44.</b> Compactación del material .....	65

<b>Figura 45.</b> Enrazando el molde .....	66
<b>Figura 46.</b> Primera curva horizontal derecha.....	68
<b>Figura 47.</b> Primera curva horizontal izquierda .....	72
<b>Figura 48.</b> Zonificación de Intensidades de Precipitación a nivel de Ecuador .....	85
<b>Figura 49.</b> Ubicación de proyecto en la zona correspondiente (17) (INAMHI).....	86
<b>Figura 50.</b> Mapa N°61, de intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 50 años.....	86
<b>Figura 51.</b> Foto panorámica del sector .....	87
<b>Figura 52.</b> Sección transversal de la cuneta.....	96
<b>Figura 53.</b> Curva de compactación.....	102
<b>Figura 54.</b> Curva de compactación.....	102

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabulación de encuestas .....	107
Anexo 2. Normas de diseño geométrico.....	110
Anexo 3. Detalle de levantamiento topográfico.....	112
Anexo 4. Resultados de análisis de suelos.....	113
Anexo 5. Planos de diseño geométrico.....	118
Anexo 6. Plano de áreas de aporte, alcantarillas tipo y detalle de cunetas.....	134

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL  
“ZAÑE” UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL  
VALLE, PROVINCIA DE LOJA**

## RESUMEN

Para llegar al barrio Florencia, existe un camino rural que une la vía que va al barrio San Juan, que es intransitable en el período de lluvia y de poca seguridad por el ancho de la calzada y las pendientes en época seca, lo que dificulta la circulación normal de los vehículos, por lo que la presente investigación se plantea el diseño geométrico de esta vía considerando las normas establecidas por el ministerio de transportes y obras públicas del Ecuador. Se plantearon los siguientes objetivos específicos: Realizar un estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia; Realizar el estudio para Diseño Geométrico del camino rural del barrio Florencia; Incorporar al diseño Alcantarillas Tipo que garantice la permanencia de la vía en verano e invierno del camino rural del barrio Florencia.

En la metodología se consideró tres momentos: el primero es una encuesta de carácter socio-económico destinada a los habitantes del barrio Florencia, dando preferencia a temas de trabajo, producción agrícola y ganadera; el segundo momento, se centró en el diseño geométrico técnico de un tramo de la vía; y, en tercer lugar, se diseñó una alcantarilla tipo, necesaria para que se garantice a futuro el normal funcionamiento y desarrollo de las actividades de esta comunidad en época de verano e invierno.

Se diseñó un tramo de la vía en una longitud de 1 049 metros para cumplir con las normas establecidas por el ministerio de transporte y obras públicas que consiste en un ancho mínimo de 4 metros y una pendiente máxima de 15 por ciento; además, se diseñó la alcantarilla tipo de 1,20 metros de diámetro que garantiza la evacuación del caudal máximo de crecida equivalente a 0,43 metros cúbicos por segundo el mismo que se calculó con el método racional.

A manera de recomendaciones se plantea investigar el papel que juegan las vías de comunicación carrozable en el mejoramiento económico, de salud, de educación; investigar la posibilidad de encontrar en la localidad materiales adecuados para la operación y mantenimiento de la vía; y, extender el estudio de la vía a toda.

**Palabras claves:** encuesta, diseño geométrico técnico, alcantarilla, vía de acceso.



## SUMMARY

To reach the “Florencia” neighborhood, there is a rural road that connects the road to the San Juan neighborhood, which is impassable in the rainy season and with little security due to the width of the road and the slopes in the dry season, which makes normal circulation of vehicles, so this research the geometric design of this pathway is proposed considering the standards set by the Ministry of transport and public works of Ecuador. The following specific objectives were proposed: To carry out a socioeconomic study of the activities carried out by the residents of the “Florencia” neighborhood; to incorporate the design sewers type that guarantees the permanence of the road in summer and Winter of the rural road of the “Florencia” neighborhood.

Three moments were considered in the methodology: the first is a socio-economic survey aimed at the inhabitants of the “Florencia” neighborhood, giving preference to issues of work, agricultural and livestock production; the second moment, focused on the technical geometric design of a section of the road; and, thirdly, a type culvert was designed, which is necessary so that the normal functioning and development of the activities of this community during the summer and winter seasons can be guaranteed in the future.

A section of the road was designed at a length of 1,049 meters to comply with the standards established by the Ministry of Transport and Public Works, consisting of a minimum width of 4 meters and a maximum slope of 15 percent; in addition, the type culvert of 1.20 meters in diameter was designed to guarantee the evacuation of the maximum flood flow equivalent to 0.43 cubic meters per second, which was calculated using the rational method.

As a recommendation, it is proposed to investigate the role played by the vehicles of communication in economic improvement, health, education; investigate the possibility of finding suitable materials in the locality for the operation and maintenance of the road; and, extend the study of the road to all.

**Keywords:** survey, technical geometric design, sewer, access road.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se fundamenta en la necesidad de recabar datos mediante la aplicación de una encuesta, sobre las diferentes actividades socio económicas de los moradores del barrio Florencia haciendo énfasis en los productos agrícolas y pecuarios que allí se producen, así como la condición actual del transporte de los estudiantes y trabajadores hasta sus centros de estudio o trabajo respectivamente; condición que influirá en la toma de decisiones sobre la pertinencia de realizar el estudio a detalle de una vía en este sector.

El estudio socio-económico, la investigación de campo y el análisis de la normativa, fueron determinantes para establecer el diseño geométrico final del camino rural “Zañe” en expectativa que contribuya en el logro de una conectividad permanente al sector rural con las vías de segundo y primer orden; importante para reactivar la economía del sector tomado como un problema general, y como problema derivado está la falta de alcantarillas que hace que la vía sea inutilizable durante la estación invernal, provocando daños significativos en la calzada e impidiendo el acceso vehicular.

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carreteras que se esboza a partir de diferentes elementos y factores internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como seguridad, comodidad, funcionalidad, entorno, economía, estética y elasticidad. Obteniendo el diseño de acuerdo a la normativa establecida por el Ministerio de Obras Públicas (2003) como velocidad de diseño, radio mínimo de curvas horizontales, curvas verticales cóncavas y convexas, peralte y otros; que permita a los usuarios adaptarse de la mejor manera a la velocidad de operación a lo largo de su recorrido. La localización de una carretera o camino y sus elementos de diseño quedan condicionados a la topografía y otros factores tales como el uso del suelo, accidentes geográficos y las características físicas de la zona.

La topografía constituye el factor más determinante en la localización física de un camino; generalmente afecta el alineamiento, la inclinación longitudinal de la calzada de rodaje, el ancho de la sección transversal y otros elementos esenciales del diseño.

Un camino bien diseñado toma en consideración la movilidad de la población, la intensidad del tránsito, el uso del suelo y los recursos naturales; al mismo tiempo que, define el trazo de futuros proyectos de electrificación, distribución de agua potable, tratamiento y disposición de las aguas pluviales y otros servicios.

Las bases precedentes del diseño y la metodología a utilizar para el desarrollo del proyecto, dependen en gran manera del tipo de transporte de pasajeros y de carga, factores económicos, sociales y físicos de la zona de estudio; por lo que el proyecto de diseño geométrico de un tramo del camino rural “Zañe” del barrio Florencia de la parroquia El Valle, mantiene concordancia con las características del área, las necesidades de los usuarios de la vía y los probables usos del suelo; conocimientos básicos de ingeniería aprendidos durante los estudios universitarios.

El primer paso para el trazado del camino es el estudio de vialidad que comprueba el técnico después de un recorrido, observando la posible ruta en base a la cual se realiza el levantamiento de la franja topográfica, aprovechando al máximo el camino existente.

Para el diseño de alcantarillas se toma en cuenta el coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cobertura vegetal del suelo, área de aporte, el tiempo de concentración de la lluvia y la intensidad máxima en mm/h para calcular los caudales ejercidos en m<sup>3</sup>/s. Las alcantarillas se construyen transversales por debajo del nivel de la subrasante de un camino cuyo objeto es conducir hacia cauces naturales el agua lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la vía.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Contribuir con un Diseño Geométrico Técnico, para un camino rural del Barrio Florencia, incorporando las alcantarillas necesarias que permitan desarrollar la actividad socio-económica en verano e invierno de los moradores del sector.

### **Objetivos Específicos**

Mediante la investigación bibliográfica-documental se justificó teóricamente el presente estudio, para luego de un proceso metodológico ordenado alcanzar los objetivos planteados.

- Realizar un estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia.
- Realizar el estudio para Diseño Geométrico del camino rural del barrio Florencia.
- Incorporar al diseño Alcantarillas Tipo que garantice la permanencia de la vía en verano e invierno del camino rural del barrio Florencia.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. DEFINICIÓN DE CAMINOS RURALES.

“Los caminos rurales son el medio de comunicación más importante para el agricultor; muchos de ellos no se encuentran en condiciones óptimas volviéndose intransitables” (Ingeniero 967)

Tres son las condiciones mínimas que ha de cumplir un camino rural para que resulte una vía de comunicación eficaz:

- Tener un piso firme que no forme barro cuando llueva.
- No presentar pendientes excesivas. Muchos caminos actuales ofrecen unas pendientes que no son obstáculo para la subida o bajada de carros tirados por ganado, pero que constituyen un grave peligro para las bajadas de los tractores vs con remolque.
- Tener anchura adecuada, con curvas amplias que permitan la circulación de remolques a plena carga.

Durante el invierno, el problema de la circulación se agudiza a causa de las lluvias. Al mismo tiempo, la actividad agrícola decrece en muchos lugares, y por ello el arreglo de caminos puede ser una actividad interesante.

En las fincas de tamaño medio y grande que poseen caminos interiores, corresponde al agricultor el arreglo de sus propios caminos, nivelándolos, saneándolos y efectuando rellenos. Tratándose de zonas de pequeñas explotaciones dispersas en que los caminos son comunales, la unión de todos los agricultores para emprender una labor conjunta de arreglo de caminos que a todos beneficiaría, puede ser la solución apropiada.

Naturalmente, la concentración parcelaria, aparte de sus otras ventajas, facilita enormemente la solución a estos problemas. En este caso la construcción de caminos se realiza por empresas especializadas y métodos distintos (caminos estabilizados, carreteras, etc.). En lo que sigue nos limitaremos a describir algunos sistemas de construcción que están al alcance de los agricultores. (Ingeniero, 967)

### **2.1.1. Caminos rurales de tierra**

Los caminos de tierra no son más que una explanación debidamente compactada, condición ésta absolutamente necesaria, pues, en caso contrario, su deformación es inmediata. La tierra debe quedar consolidada lo más perfectamente que sea posible, para evitar asentamientos durante la explanación del camino.

La compactación de estos caminos debe hacerse siempre en presencia de la humedad óptima de Próctor, con la que se consigue obtener la mayor densidad. Para su determinación es necesario llevar a cabo un análisis, los cuales, en medios rurales, no son fáciles de ejecutar. Esta humedad óptima no es una constante de cada suelo; depende de la intensidad del apisonado. Cuanto mayor es la fuerza de compactación, menor es el valor de la humedad óptima.

Para suelos arcillosos, la humedad óptima es del 20 al 30 por 100; para los suelos limo arcillosos, del 15 al 20 por 100, y para los arenos arcillosos, del 8 al 15 por 100. Los tantos por ciento indicados se refieren al peso en seco del terreno.

Una práctica que puede orientar sobre la cantidad correcta de humedad es la siguiente:

Se humedece la tierra del camino y se hace una bola con la mano de tres a cuatro centímetros de diámetro, dejándola caer desde una altura aproximada de 1,5 metros. Cuando la muestra, así ensayada, tiene una humedad próxima a la óptima de Proctor, al chocar contra el suelo se deforma ligeramente sin resquebrajarse, deshacerse o aplastarse excesivamente. En los suelos arenosos, la humedad óptima es baja, creciendo el mismo conforme aumenta la cantidad de arcilla.

El perfil transversal del camino de tierra debe tener un bombeo o inclinación transversal del 4 al 6 por 100, sin que sea aconsejable sobrepasar este límite superior para evitar las erosiones superficiales debidas a las escorrentías del agua, ni tampoco del límite inferior, a fin de que el agua no sea retenida durante mucho tiempo sobre la superficie del camino.

El camino debe tener un drenaje eficaz mediante la construcción de cunetas adecuadas.

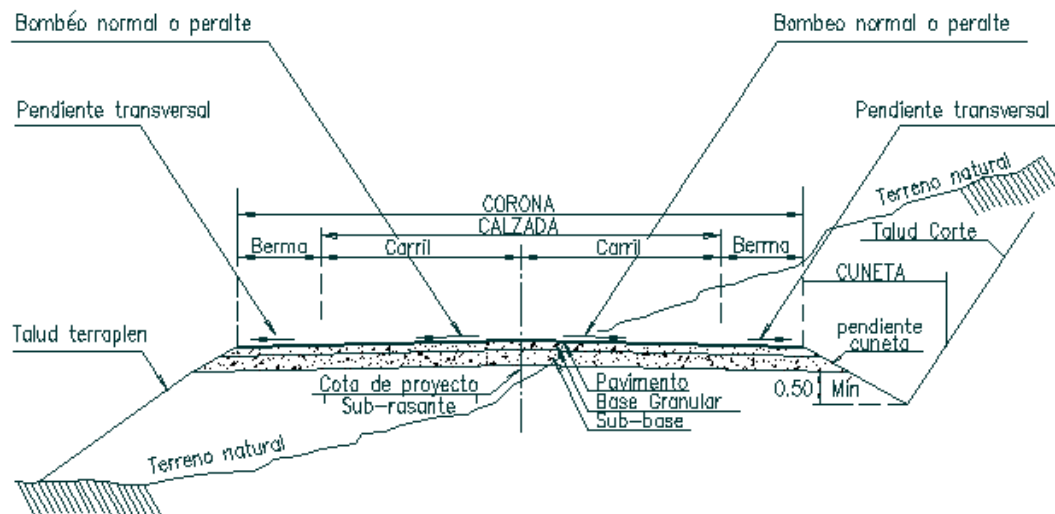
Si en los caminos de tierra se forman baches con facilidad, se puede corregir este defecto añadiendo arena y mezclando íntimamente la arena con el suelo del camino, lo cual puede lograrse mediante pases sucesivos de escarificadores agrícolas y gradas de discos, efectuando la compactación posteriormente.

Si los caminos son demasiado arenosos, conviene añadir algo de arcilla hasta lograr una estabilidad adecuada.

En cualquier caso, no debe emplearse tierra vegetal en ninguno de los estratos de construcción de un camino. (Ingeniero, 967)

### 2.1.2. Componentes de un camino rural.

*Figura 1. Términos Usados para Definir a los Caminos Rurales (Sección Transversal)*



**Fuente:** Ingeniería de caminos rurales (2004)

**Calzada.** - Parte del camino construida para la circulación de vehículos en movimiento, incluidos los carriles de tránsito y los apartaderos de paso (se excluyen los acotamientos). (Gordon Keller, 2004)

**Trocha o Carril.** - faja de la calzada destinada a la circulación, en un sentido, de una única fila de vehículos. El ancho de la calzada es igual a la suma de las trochas que la componen.

**Acotamiento.** - Franja pavimentada o no pavimentada a lo largo del borde de los carriles de circulación del camino. Un acotamiento interior está junto al corte en talud. Un acotamiento exterior está junto al talud de un terraplén. (Gordon Keller, 2004)

**Berma.** - Camellón de roca, suelo o asfalto generalmente a lo largo del borde exterior del acotamiento del camino, usado para controlar el agua superficial. Encauza el escurrimiento superficial a lugares específicos donde el agua se puede eliminar de la superficie de rodamiento sin producir erosión.

**Bombeo.** - Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

**Corte y relleno.** - Método para construir caminos en el cual la vialidad se construye al cortar en una ladera y extender los materiales excavados en lugares adyacentes bajos y como material compactado o a volteo para rellenos en talud a lo largo de la ruta. En un “corte y relleno balanceado” se utiliza todo el material “cortado” para construir el “relleno”. En un diseño de corte y relleno balanceado no se tiene material sobrante en exceso y no hay necesidad de acarrear material de relleno adicional. Con esto se minimiza el costo.

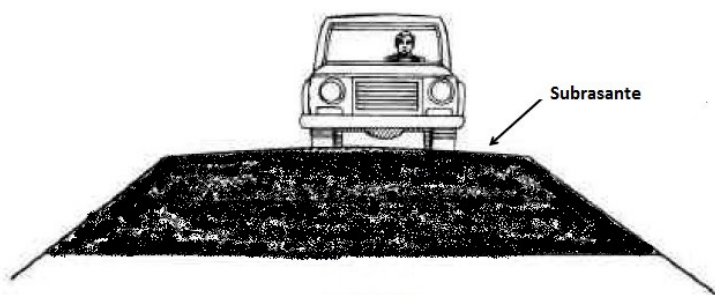
**Cuneta.** - Canal o zanja poco profunda a lo largo del camino para coleccionar el agua del camino y del terreno vecino y transportarla hasta un punto adecuado para eliminarla. Generalmente se ubica a lo largo del borde interior del camino. Puede localizarse a lo largo del borde exterior o a lo largo de ambos lados del camino.

**Pendiente (Gradiente).** - Inclinación de la rasante del camino a lo largo de su alineamiento. Este talud se expresa en porcentaje – la relación entre el cambio en elevación y la distancia recorrida. Por ejemplo, una pendiente de +4% indica una ganancia de 4 unidades de medición en elevación por cada 100 unidades de distancia recorrida medida.

**Terraplén (Relleno).** - Material excavado que se coloca sobre la superficie de un terreno preparado para construir la subrasante del camino y la plantilla de base del camino. (Gordon Keller, 2004)

#### Sección Estructural del Camino

*Figura 2. Sección Estructural del Camino*



Fuente: Ingeniería de caminos rurales (2004)

**Subrasante (Subgrade).** - La superficie del cuerpo del terraplén sobre la cual se colocan las capas de subbase, base o superficie de rodamiento. En el caso de caminos sin una capa de

base o sin capa superficial, esta parte del cuerpo de terraplén se convierte en la superficie final de rodamiento. La subrasante está generalmente al nivel del material in situ.

**Plazoleta de cruce.** - Sección ensanchada de una carretera de un solo carril, destinada a facilitar el adelantamiento o el volteo del tránsito.

Las ubicaciones de las plazoletas se deben fijar de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma.

### **2.1.3. Clasificación de las Carreteras en el Ecuador.**

#### **Según el tipo de terreno**

**Llano (LL).** - Un terreno es llano cuando la superficie tiene el mismo nivel en todas sus partes, sin desniveles o desigualdades, es decir presenta pendientes suaves.

**Ondulado (O).** - Es ondulado aquel formado por elevaciones y depresiones de pequeña importancia. Son pendientes que permiten el acceso en todas las direcciones.

**Montañoso (M).** - Un terreno montañoso es aquel que presenta elevaciones y depresiones de mayor importancia, de difícil acceso, existiendo pocos puntos por los que se puede atravesar con facilidad.

**Escarpado (E).** - Es escarpado aquel que presenta bruscos cambios de pendiente y cortados longitudinalmente, sus laderas son abruptas y a veces inaccesibles.

- **Según su jurisdicción.**

Considerando, que la red nacional es el conjunto total de las carreteras existentes en el territorio ecuatoriano se han clasificado en las siguientes:

**Red Vial Estatal.** - Está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, como única entidad responsable del manejo y control.

**Red Vial Provincial.** - Es el conjunto de las vías administradas por cada uno de los Gobiernos Provinciales.

**Red Vial Cantonal.** - Es el conjunto de las vías urbanas e inter parroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales. (Andrés, 2013)



## Según el tráfico proyectado.

“Para el diseño de las vías en el país se recomienda la clasificación en función del pronóstico del tráfico para un período de 15 a 20 años” (Geométrico, 2003)

*Cuadro 1. Tráfico Promedio Diario Anual*

CLASES DE CARRETERAS	TRAFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I ó R-II	más de 8000 vehículos
I	de 3000 a 8000 vehículos
II	de 1000 a 3000 vehículos
III	de 300 a 1000 vehículos
IV	de 100 a 300 vehículos
V	Menos de 100 vehículos

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

- **Según la función jerárquica.**

**Corredores Viales.** - Son carreteras de calzadas separadas (autopistas) y de calzada única (clase I y II). Estas tienen una sola superficie acondicionada de la vía con los dos carriles destinados a la circulación de vehículos en ambos sentidos y con adecuados espaldones a cada lado, incluirá, además, pero en forma eventual zonas suplementarias en las que se asientan carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y sus accesos se realizan a través de vías de servicio y rampas de ingreso o salida adecuadamente diseñadas.

**Vías Colectoras.** - Son las carreteras de clase I, II, III y IV de acuerdo a su importancia, están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.

**Caminos Vecinales.** - Son las carreteras de clase IV, V que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores.

*Cuadro 2. Tipo de Carreteras*

FUNCIÓN	CLASES DE CARRETERAS	TRÁFICO PROYECTADO (TPDA)
Corredor	R-I ó R-II	más de 8000 vehículos
	I	de 3000 a 8000 vehículos
	II	de 1000 a 3000 vehículos
Arterial Colectora	I	de 3000 a 8000 vehículos
	II	de 1000 a 3000 vehículos
	III	de 300 a 1000 vehículos
	IV	de 100 a 300 vehículos
Vecinal	IV	de 100 a 300 vehículos
	V	menos de 100 vehículos

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

### 2.1.4. Tipos de terreno

La topografía del terreno atravesado influye en el alineamiento de carreteras y calles. La topografía afecta el alineamiento horizontal, pero este efecto es más evidente en el alineamiento vertical. Para caracterizar las variaciones los ingenieros generalmente dividen la topografía en tres clasificaciones, de acuerdo con el tipo de terreno: plano, ondulado y montañoso. En la siguiente tabla se indican sus características:

*Cuadro 3. Tipos de Terrenos*

TERRENO	INCLINACION MAXIMA MEDIA DE LAS LINEAS DE MAXIMA PENDIENTE (%)	MOVIMIENTO DE TIERRAS
Plano (P)	0 a 6	Mínimo movimiento de tierras por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la explanación de una carretera.
Ondulado (O)	7 a 13	Moderado movimiento de tierras, que permite alineamientos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y explanación de una carretera.
Montañoso (M)	13 a 40	Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes, aunque no las máximas que se pueden presentar en una dirección considerada; hay dificultades en el trazado y explanación de una carretera.

Cada tipo de terreno obliga, en términos generales, a unos diferentes patrones generales de diseño.

#### **Terreno plano**

Permite obtener alineamientos, horizontal y vertical, de modo que los vehículos pesados circulen a una velocidad aproximadamente igual a la de los vehículos ligeros. Las distancias de visibilidad que dependen tanto de las restricciones horizontales como las verticales, son generalmente largas o puede obtenerse, sin dificultades constructivas o sin mayores costos.

#### **Terreno ondulado**

Su alineamiento horizontal y vertical ocasiona que los vehículos pesados reduzcan sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, pero sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. Se pueden obtener sin mucha dificultad un alineamiento horizontal con tangentes relativamente

largas y radios de curvatura amplios que permiten distancias de visibilidad apropiadas para la velocidad que se desarrolla.

En el terreno ondulado el diseño se orienta a buscar una compensación entre los volúmenes de corte y terraplén. Esta compensación contribuye a que las magnitudes de los cortes y los llenos se mantengan en niveles razonables, con lo cual se incrementa su estabilidad. Al lograr esto se alcanza también una disminución en los costos del movimiento ya que la magnitud de los cortes disminuye y parte de este material puede ser usado en la construcción de muchos terraplenes.

### **Terreno montañoso**

El diseño geométrico en este tipo de terreno obliga a que los vehículos pesados circulen a una velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. Terreno montañoso es aquel en el cual los cambios de altura tanto longitudinal como transversal del terreno con respecto a la carretera son abruptos y donde se requieren frecuentemente los banqueos y el corte de laderas para obtener unos alineamientos horizontales y verticales aceptables.

## **2.2. DISEÑO GEOMÉTRICO.**

Ospina (2002) determina las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura.

Considera que el diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carreteras y a partir de diferentes elementos y factores internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, la comodidad, la funcionalidad, el entorno, la economía, la estética y la elasticidad. Obteniendo un diseño simple y uniforme, dotando a la vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permita a los conductores adaptarse de la mejor manera a las velocidades de operación que esta brinda a lo largo de su recorrido.

### **Topografía y trazado**

La localización de una carretera y sus elementos de diseño quedan condicionados a la topografía del corredor donde se desarrolla y a otros factores tales como el uso del suelo y los accidentes geográficos y las características físicas de la zona. La topografía constituye el factor

más determinante en la localización física de un camino; generalmente afecta el alineamiento, la inclinación longitudinal de la plataforma de rodaje, el ancho de la sección transversal, las distancias de visibilidad del conductor y otros elementos esenciales del diseño.

Los levantamientos topográficos son el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos. Los levantamientos generalmente usados para el trazo de carreteras incluyen los levantamientos de la topografía de rutas que normalmente comienzan en un punto de control y avanzan hasta otro punto de control de la manera más directa que permiten las condiciones del terreno, la topografía hidrográfica determina las líneas de las riveras, la profundidad de los ríos y canales y las características naturales o artificiales en planta y elevación que se utilizan en la confección de los planos

Un trazado de una carretera está compuesto por una geometría horizontal y una geometría vertical. Por cuestiones de simplificación de los análisis y los cálculos usualmente los trazados se tratan como proyecciones ortogonales sobre un plano horizontal con lo que queda definido el alineamiento horizontal y un plano vertical y paralelo a la curvatura horizontal en el cual se hace la proyección vertical del trazado a lo que se le ha denominado alineamiento vertical. (Rivera, 2013)

### **Influencia de la topografía en el trazado**

Se debe establecer desde un principio las características geométricas de la vía, como radio mínimo, pendiente máxima, vehículo de diseño, sección transversal y otros; determinando la ruta que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se hayan establecido y para lo cual las características topográficas, naturaleza de los suelos y el drenaje son determinantes; el método de estudio variará de acuerdo al tipo de terreno sea este plano o accidentado. Tomando en cuenta la pendiente longitudinal y transversal del terreno, medida en el sentido del eje de la vía.

### **Trazado de línea de pendientes o de cerros**

González (2001) afirma que la línea de pendiente es aquella línea que, pasando por los puntos obligados del proyecto, conserva la pendiente uniforme especificada y que, de coincidir con el eje de la vía, éste no aceptaría cortes ni rellenos, razón por la cual también se le conoce con el nombre de línea de cerros.

Línea que, al ir a ras de terreno natural, sigue la forma de éste, convirtiéndose en una línea de mínimo movimiento de tierra. Por lo tanto, cualquier eje vial de diseño que trate de seguirla lo más cerca posible, será un eje económico, desde este punto de vista.

La selección de ruta se caracteriza por la llamada “línea de pendiente” o “línea de ceros”, con una inclinación previamente definida sin exceder el valor máximo permitido que en general depende de la categoría o importancia de la vía y la clase de terreno.

Para el desarrollo de este proyecto se hizo indispensable llevar a cabo reconocimientos directos en el campo de una forma más detallada, para poder identificar los puntos obligados o de control y proceder a trazar las líneas de pendiente entre ellos directamente en el campo; garantizando un mejor análisis de la ruta.

### **2.2.1. Alineamiento horizontal.**

El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. 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.

Como se indicó anteriormente la topografía del terreno influye directamente en los alineamientos horizontales; en terrenos planos las tangentes pueden ser largas al igual que los radios de curvatura, en terrenos ondulados las tangentes y radios deben ser moderados y en los montañosos es conveniente evitar las tangentes largas y curvas de grandes radios por cuanto implica grandes movimientos de tierras.

### **2.2.2. 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.

### 2.2.3. Curvas circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas. Entre sus elementos característicos principales se tienen los siguientes:

- **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:

$$\frac{G_C}{20} = \frac{360}{2\pi R} \Rightarrow G_C = \frac{1145.92}{R} \quad (1)$$

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

$$R = \frac{1145.92}{G_C} \quad (2)$$

#### **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:

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \quad (3)$$

**Dónde:**

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

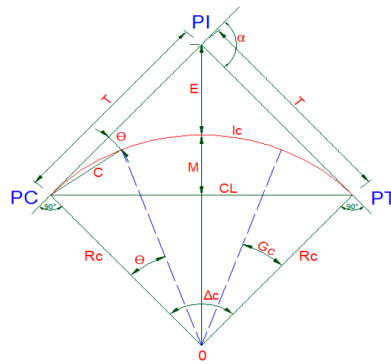
e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

**Cuadro 4.** Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y de coeficiente lateral “f”

VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h	“f” Máximo	RADIO MÍNIMO CALCULADO				RADIO MÍNIMO RECOMENDADO			
		e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04	e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04
20	0.350		7.32	7.68	8.08	15	18	20	20
25	0.315		12.46	13.12	13.86	15	20	25	25
30	0.284		19.47	20.60	21.87	20	25	30	30
35	0.255		28.79	30.62	32.70	30	30	35	36
40	0.221		41.86	44.83	48.27	40	42	45	50
45	0.206		55.75	59.94	64.82	55	58	60	66
50	0.190		72.91	78.74	85.59	70	75	80	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.130	342.35	374.95	414.42	463.18	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	566.39	629.92	708.66	520	670	630	710
<b>Nota:</b> se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:									
Aprovechar infraestructura existente									
Relieve difícil (escarpado)									
Camino bajo de costo									

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

**Figura 3. Elementos de Curva Circular Simple**



**Donde:**

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

$\alpha$ : Ángulo de deflexión de las tangentes

$\Delta C$ : Ángulo central de la curva circular

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

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

lc: Longitud de curva circular

- **Ángulo central:** Es el ángulo formado por la curva circular y se simboliza como “ $\alpha$ ” (alfa). En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.



- **Longitud de la curva:** Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como  $l_c$  y su fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360} \Rightarrow L_c = \frac{\pi R \alpha}{180} \quad (4)$$

Independientemente de que a cada velocidad corresponde un radio mínimo, cuando el ángulo de deflexión es muy pequeño habrá que asumir valores de radio mayores tanto para satisfacer la longitud requerida para la transición del peralte, como para mejorar las condiciones estéticas del trazado.

- **Tangente de curva o subagente:** Es la distancia entre el PI y el PC ó entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra “T” y su fórmula de cálculo es:

$$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (5)$$

- **External:** Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra “E” y su fórmula es:

$$E = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (6)$$

- **Ordenada media:** Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra “M” y su fórmula de cálculo es:

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2} \quad (7)$$

- **Deflexión en un punto cualquiera de la curva:** Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado. Se lo representa como  $\theta$  y su fórmula es:

$$\theta = \frac{G_c * 1}{20} \quad (8)$$

- **Cuerda:** Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se la representa con la letra “C” y su fórmula es:

$$C = 2 * R * \sin \frac{\theta}{2} \quad (9)$$

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama

CUERDA LARGA. Se la representa con las letras “CL” y su fórmula es:

$$CL = 2 * R * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (10)$$

- Angulo de la cuerda: Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente de la vía y la curva. Su representación es “Ø” y su fórmula para el cálculo es:

$$\emptyset = \frac{\theta}{2} \quad (11)$$

En función del grado de curvatura:

$$\emptyset = \frac{G_C * 1}{40} \quad (12)$$

El ángulo para la cuerda larga se calcula con la siguiente fórmula:

$$\emptyset = \frac{G * l_C}{40} \quad (13)$$

Otros parámetros que son básicos en el diseño horizontal de una vía son: velocidad de diseño, radios de curvatura, longitud de transición, longitud tangencial y tangente intermedia mínima.

#### **2.2.4. Velocidades de diseño.**

La velocidad de diseño se define como la velocidad máxima en condiciones de seguridad para el tránsito vehicular para tramos de carreteras más desfavorables, que debe mantenerse a lo largo de una sección de camino. La diferencia de velocidades entre dos tramos contiguos no debe ser mayor a 20 Km/h. Esta velocidad se elige 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 sea 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.

Seleccionar convenientemente la velocidad de diseño es lo fundamental. Teniendo presente que es deseable mantener una velocidad constante para el diseño de cada tramo de carretera. Los cambios en la topografía pueden obligar hacer cambios en la velocidad de diseño en determinados tramos. Cuando esto sucede, la introducción de una velocidad de diseño mayor o menor no se debe efectuar repentinamente, sino sobre una distancia suficiente para permitir al conductor cambiar su velocidad gradualmente, antes de llegar al tramo del camino con distinta velocidad de proyecto. La diferencia entre las velocidades de dos tramos contiguos no

será mayor a 20 Km/h. Debe procederse a efectuar en el lugar una adecuada señalización progresiva, con indicación de velocidad creciente o decreciente.

La velocidad de diseño debe seleccionarse para el tramo de carreteras más desfavorables y debe mantenerse en una longitud mínima entre 5 y 10 kilómetros. Una vez seleccionada la velocidad, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado. Siempre que sea posible se aconseja usar valores de diseños mayores a los mínimos establecidos.

Un camino en terreno plano u ondulado justifica una velocidad de diseño mayor que la correspondiente a la de un camino en terreno montañoso. Un camino que cruza una región poco habitada justifica una velocidad de proyecto mayor que otro situado en una región poblada. Un camino que va a tener un gran volumen de tránsito justifica una velocidad de diseño mayor que otra de menos volumen, en una zona de topografía semejante, principalmente cuando la economía en la operación de los vehículos es grande, comparada con el aumento de costo.

La mayoría de los caminos son diseñados para satisfacer las necesidades del tránsito, dentro de un período de hasta de 20 años posteriores al año de realización del proyecto. Si se planifica adecuadamente, los elementos de la sección transversal de un camino pueden alterarse en el futuro sin mucha dificultad, mientras que los cambios en los alineamientos horizontal y vertical incluyen gastos y consideraciones de gran envergadura.

En conclusión, se puede señalar tres aspectos básicos y decisivos en la elección de la velocidad de diseño, que son los siguientes:

— **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 montañoso, o que uno que atraviesa una zona rural respecto del que pasa por una zona urbana.

— **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.

— **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.

Además de la velocidad de diseño, es importante analizar la velocidad de circulación, que es la velocidad real del vehículo a lo largo de un tramo de carretera y que es igual a la distancia recorrida, dividida para el tiempo de circulación del vehículo. La velocidad de circulación disminuye conforme aumenta el volumen de tráfico debido a la interferencia creada entre los vehículos; por este motivo es importante considerarlo en el diseño.

**Cuadro 5.** Velocidades de diseño (Km/h)

CATEGORÍA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h											
		BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
		(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
		Para el cálculo de los elementos de trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos de trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos de trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.
I o RII	>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	800-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100-800	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP.

## Notas

Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.

Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado.

La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales “Berger-Protectvía” 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E.

En zonas con perfiles de meteorización profundo (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.

Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20 Km/h.

### **2.2.5. 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.

### **2.2.6. Peralte**

El peralte es la inclinación transversal dada a la calzada en curvas horizontales con el objeto de dar comodidad y seguridad a los vehículos cuando transitan sobre ellas.

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.

El peralte máximo para vías tipo III en terreno montañoso con capa de rodadura de hormigón asfáltico o DTSB es 10.00%.

Para el proyecto hemos adoptado la fórmula, para el cálculo del peralte.

$$P = \frac{V^2}{2.26R} \quad (14)$$

**Donde:**

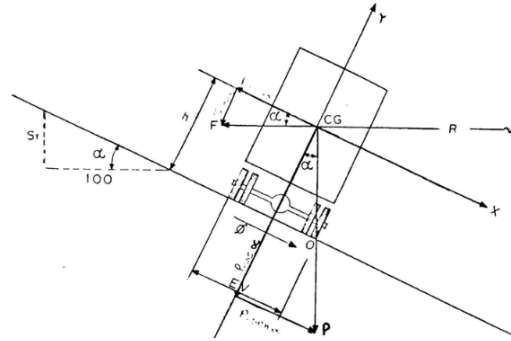
P= peralte en m/m.

V= Velocidad de Diseño.

R=Radio de curvatura.

La fórmula antes indicada se basa en el criterio de absorber con el peralte la fuerza centrífuga debida a las  $\frac{3}{4}$  partes de la velocidad (o sea el 56% de la fuerza centrífuga total con el peralte y el 44% restante con la fricción).

*Figura 4. Estabilidad del vehículo en las curvas*



La fuerza centrífuga “F” se calcula según la siguiente fórmula:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P \cdot V^2}{gR} \quad (15)$$

**Donde:**

- P = Peso del vehículo, Kg.
- V = Velocidad de diseño, m/seg.
- g = Aceleración de la gravedad = 9.78 m/seg<sup>2</sup>.
- R = Radio de la curva circular, m.

La inestabilidad debida a la fuerza centrífuga puede manifestarse de dos maneras: por deslizamientos o por volcamiento.

La condición necesaria y suficiente para que no se produzca el vuelco es que el momento del peso respecto al eje en el punto “O” sea menor que el momento de la fuerza centrífuga respecto al mismo eje. Si el vehículo tiene un ancho EV y la altura de su centro de gravedad es “h”, se tendrá:

$$F_x = P \cdot \sin \alpha - F \cdot \cos \alpha = (P \tan \alpha - F) \cos \alpha \quad (16)$$

$$F_y = -P \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha = (-P + F \cdot \tan \alpha) \cos \alpha \quad (17)$$

La condición necesaria y suficiente para que el vehículo no se deslice al transitar por la curva es:

$$\sum Fx = 0 \text{ (18)}$$

$$Fx + \phi = 0 \text{ (19)}$$

**Donde:**

$$\phi = f * Px * \cos \alpha \text{ (20)}$$

Siendo “f” el coeficiente de fricción lateral.

Si el camino se mantiene transversalmente horizontal, la fuerza centrífuga “F” sería absorbida exclusivamente por el peso “P” del vehículo y el rozamiento por rotación. Esto conduce a la conclusión de que es necesario introducir el peralte de la curva, para lo cual se da al camino una inclinación transversal, de tal manera que sea esta inclinación la que absorba parte del valor de la fuerza centrífuga.

Si se introduce el peralte en la curva, dándole una sobre elevación “H” al borde exterior, aparecerán fuerzas que fijarán el vehículo a la calzada.

Del análisis se desprende que las fuerzas que se resisten al deslizamiento transversal del vehículo son:  $P * \sin \alpha$ ,  $F * \sin \alpha$  y  $P * \cos \alpha$ , mientras solamente  $F * \cos \alpha$  es la que produce el deslizamiento. El coeficiente de rozamiento transversal afectaría únicamente a aquellas fuerzas normales a la calzada, esto es  $F * \sin \alpha$  y  $P * \cos \alpha$ .

En estas condiciones, la ecuación de equilibrio será:

$$F * \cos \alpha = P * \sin \alpha + (F * \sin \alpha + P * \cos \alpha) \text{ (21)}$$

Luego de hacer reemplazos y simplificaciones se llega a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{v^2}{127(\tan \alpha + f)} \text{ (22)}$$

Donde la pendiente transversal de la calzada “e” =  $\tan \alpha$ . Por lo que la ecuación toma la siguiente forma:

$$e + f = \frac{v^2}{127R} \text{ (23)}$$

De donde la fórmula para el cálculo del peralte siguiente:

$$e = \frac{v^2}{127R} - f \text{ (24)}$$

**Donde:**

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

$V$  = Velocidad de diseño, Km/h.

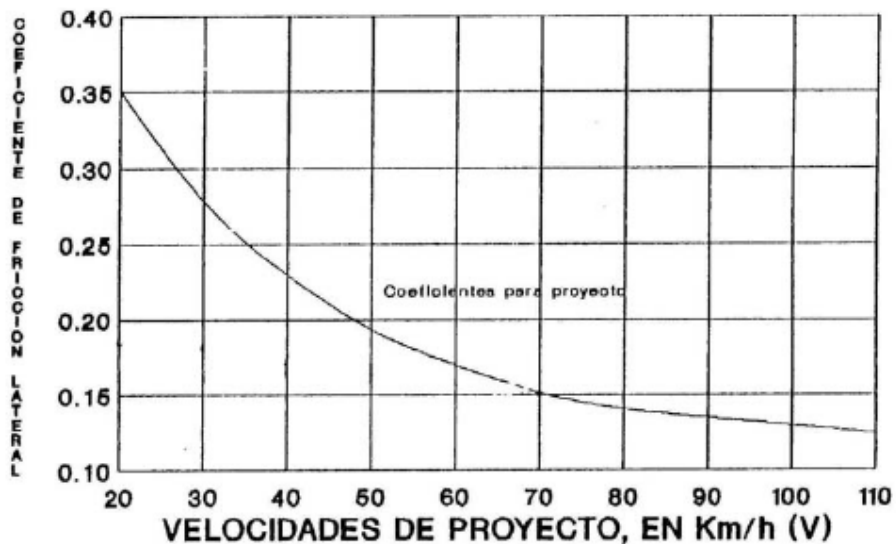
$R$  = Radio de la curva, m.

$f$  = Máximo coeficiente de fricción lateral.

**Cuadro 6.** Valores límites permisibles de "F"

REQUERIMIENTOS	VALORES LÍMITES PERMISIBLES DE "F": SEGÚN EL PAVIMENTO ESTE.		
	SECO	HÚMEDO	CON HIELO
Estabilidad contra el volcamiento	0.60	0.60	0.60
Estabilidad contra el deslizamiento	0.36	0.24	0.12
Comodidad del viaje para el pasajero	0.15	0.15	0.15
Explotación económica del vehículo	0.16	0.10	0.10

**Figura 5.** Velocidades de proyecto, en km/h



**Fig. V.4** COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES

### 2.2.6.1. Magnitud del peralte

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.

Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuenta los siguientes criterios para evitar:

- Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, subbase, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.
- Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.
- El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

#### **2.2.6.2. Desarrollo del Peralte.**

Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte.

Se debe encontrar la manera de hacer variar la fuerza centrífuga del valor cero, que tiene en la alineación recta, al valor "F" que tiene una curva de radio "R". El desarrollo o transición del peralte puede efectuarse con una curva de enlace, que regule la trayectoria del vehículo durante su recorrido en la transición, o sin curva de enlace, dependiendo de dos factores que son: El valor del radio de la curva que se peralta y la comodidad del recorrido vehicular para realizar el peraltado de las curvas y la transición del peralte; existen tres métodos:

- a. Haciendo girar la calzada alrededor de su eje (para terrenos montañosos).
- b. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior (para terrenos en llano).
- c. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

El método que se adopte depende en gran parte de la topografía del terreno y de las facilidades de drenaje. En función de estas consideraciones, el cálculo de la longitud total del desarrollo del peralte se lo realiza de la siguiente manera:

- a. Se determina si la transición del peralte la hacemos a lo largo de una curva de enlace. Si es así, se calcula la longitud de esta curva con la ecuación (25).

- b. Se calcula el valor de la sobrelevación que produce el peralte “e”

$$h = e * b \quad (25)$$

**Donde:**

h = Sobrelevación, m.

e = Peralte, %.

b = Ancho de la calzada, m.

\* Es para el caso de giro alrededor del eje.

- c. Se calcula la longitud “L” de desarrollo del peralte en función de la gradiente de borde “i”, cuyo valor se obtiene en función de la velocidad de diseño.

$$L = \frac{h}{2*i} = \frac{e*b}{2*i} \quad (26)$$

**Donde:**

i = gradiente de borde, que se calcula según la siguiente fórmula:

$$i = \frac{e*b}{2} L \quad (27)$$

- d. Se establece la relación entre “L” y “Le’ y se asume como longitud de la transición el valor que sea mayor, de los dos.

- e. Se calcula la longitud de la transición del bombeo, en la sección normal, para lo cual se determina la diferencia de nivel del eje al borde de la vía:

$$S = \frac{b \cdot P}{2} \quad (28)$$

**Donde:**

S = Diferencia de nivel de eje al borde de la vía, en metros. P = Pendiente transversal del camino, %.

b = Ancho de la calzada, m.

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

$$X = \frac{S}{i} = \frac{b \cdot P}{2 \cdot i} \quad (29)$$

g. Finalmente se establece la longitud total de transición.

$$L_T = L + X \quad (30)$$

El desarrollo del peralte, para el caso que se usen espirales se los hace dentro de la longitud de la espiral, a lo largo de toda su magnitud, repartiendo el sobreecho mitad hacia el lado externo y mitad hacia el interno.

Cuando el desarrollo del peralte se lo hace sin la curva de enlace, la longitud de transición se ubica 2/3 en la alineación recta y el 1/3 dentro de la curva circular. Para casos difíciles (sin espirales), el peralte puede desarrollarse la mitad (0.5 L) en la recta y la mitad en curva circular.

Los valores recomendados de las gradientes longitudinales “i” para el desarrollo del peralte se ubican en la siguiente tabla.

**Cuadro 7.** Gradiente Longitudinal

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
V <sub>0</sub> , KM/h	VALOR DE (i), %	MAXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP.

### 2.2.7. Longitud de transición.

La longitud de transición sirve para efectuar la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes. La longitud mínima de determina según los siguientes criterios:

- La diferencia entre las pendientes longitudinales de los bordes y el eje de la calzada, no debe ser mayor a los valores máximos indicados en la tabla anterior
- La longitud de transición según el primer criterio debe ser mayor a la distancia necesaria de un vehículo que transita a una velocidad de diseño determinada durante 2 segundos, es decir:

$$L_{min} = 0.56V \text{ Km/h} \quad (31)$$

Valor considerado como mínimo absoluto que puede utilizarse solamente para caminos con relieve montañoso difícil, especialmente en las zonas de estribaciones y cruce de la cordillera de los Andes.

La longitud de transición para caminos de 4 y 6 carriles se incrementa en 1,5 y 2,5 veces con respecto a la longitud para caminos de 2 carriles.

### 2.2.8. Longitud Tangencial.

Es la longitud necesaria para empezar a inclinar transversalmente la calzada en la tangente a partir de un punto anterior al “TE” de la curva espiralizada que se va a peraltar o, en el caso de la curva circular de un punto anterior al inicio de la transición de tal manera que la faja exterior de la calzada pase de su posición inclinada por el bombeo a la posición horizontal en el punto de inicio de la transición.

La longitud tangencial, también llamada de aplanamiento se obtiene según la siguiente fórmula (en función de la longitud de transición).

$$X = \frac{e' * L}{e} \quad (32)$$

**Donde:**

$e'$  = Pendiente lateral de bombeo, %.

$e$  = Peralte en la curva circular, %.

$L$  = Longitud de transición del peralte, m.

### **2.2.9. Sobreancho**

Un vehículo en su desplazamiento por la vía, ocupa más espacio en las curvas, que en las rectas debido a la rigidez de los ejes. Por tal razón es necesario proveer un ancho adicional hacia el lado interior de las curvas horizontales, a fin de posibilitar el tránsito de los vehículos con seguridad y comodidad.

El valor del sobreancho está en función del radio de curvatura y de la velocidad de diseño cuyas razones se escriben a continuación: El vehículo al describir la curva, ocupa un ancho mayor ya que generalmente las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, además el extremo lateral delantero, describe una trayectoria exterior a la del vehículo.

El objeto del sobreancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad, es necesario introducir los sobreanchos por las siguientes razones:

a) El vehículo al describir la curva, ocupa un ancho mayor ya que generalmente las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, además el extremo lateral delantero, describe una trayectoria exterior a la del vehículo.

b) La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril debido a la menor facilidad para apreciar la posición relativa de su vehículo dentro de la curva.

Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que los radios de la curva son mayores.

Para el caso "a", si el vehículo describe una curva, marchando a muy pequeña velocidad, el sobreancho se podría calcular geoméricamente, ya que su eje posterior es radial.

Lo mismo ocurrirá cuando describiera una curva peraltada a una velocidad tal, de manera que la fuerza centrífuga fuera contrarrestada completamente por la acción del peralte.

En cambio, si la velocidad fuera menor o mayor que la anterior, las ruedas traseras se moverían a lo largo de una trayectoria más cerrada o más abierta, respectivamente. Para el

cálculo práctico del sobreebancho, no se ha tenido en cuenta esta circunstancia, muy variable según las características de los vehículos y la velocidad que desarrollan.

Para determinar la magnitud del sobreebancho debe elegirse un vehículo representativo del tránsito de la ruta.

El desarrollo del sobreebancho en curvas espirales se lo realiza dentro de la espiral, para el caso de curvas circulares se ubica los 2/3 en tangente y 1/3 en dentro de la circular todo hacia el lado interno de la curva.

El cálculo del valor del sobreebancho se lo realiza siguiendo la recomendación AASHTO indicado en las páginas 70 y 71 de las Normas de Diseño Geométrico del MTOP 2003.

Las siguientes fórmulas se usan para el cálculo del sobreebancho:

$$U = u + \sqrt{R^2 + L^2} \quad (33)$$

Donde.

u = Ancho normal de un vehículo el mismo que varía de 2.45m a 2.60m

L = La distancia entre el eje anterior y el eje posterior se asume 6.10m

R = Radio de la curva

U para el presente caso asumido 2.45.

Espacio lateral para este caso es 0.60.

**Cuadro 8.** Valores de C según ancho de calzada

ANCHO DE CALZADA (M)	VALOR "C"
6.00	0.60
6.50	0.70
6.70	0.75
7.30	0.90

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP.

FA es el avance del voladizo.

$$FA = \sqrt{A^2 + A(2L + A)} - R \quad (34)$$

Sobreebancho adicional Z.

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (35)$$

Finalmente se calcula el sobreancho para una vía de dos carriles con la siguiente expresión:

$$A_c = 2(U + C) + FA + Z \quad (36)$$

El cálculo de peraltes y sobreanchos se presenta como anexo al presente informe.

### 2.2.10. Alineamiento vertical.

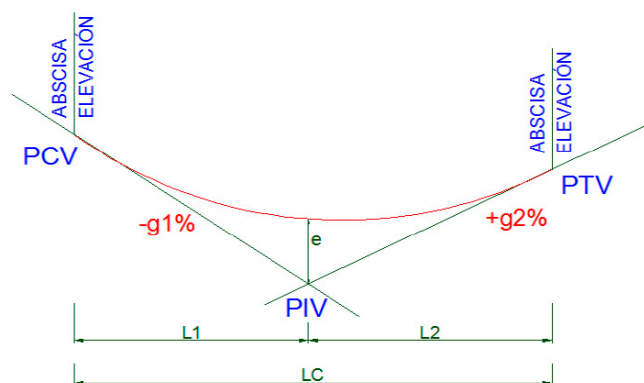
El diseño del proyecto vertical en vías es un conjunto de tramos rectos constituidos por las gradientes enlazadas por curvas verticales parabólicas.

El proyecto vertical se basa en la directriz del perfil del terreno natural, luego de un proceso de trazado geométrico se ajustan las gradientes y longitudes de curvas verticales; la longitud mínima de estas, tanto, para las cóncavas y convexas es función de la velocidad, distancia de visibilidad y valor de las gradientes.

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.

Las gradientes 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.

*Figura 6. Curva vertical con sus elementos*



**Donde:**

PIV: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PCV: Punto en donde empieza la curva vertical

PTV: Punto en donde termina la curva vertical

g1%: Gradiente de entrada en porcentaje

g2%: Gradiente de salida en porcentaje

L1: Longitud de Entrada

L2: Longitud de Salida

LC : Longitud de la Curva

e: External

K: Cambio de Pendiente por unidad de longitud

#### **2.2.10.1. Gradientes Mínimas.**

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,50 por ciento. 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.

#### **2.2.10.2. Longitudes Críticas de Gradiente para el Diseño**

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. A 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.

De acuerdo con las velocidades de diseño, que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza de la topografía, en el siguiente cuadro tomado del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, se indican de manera general las gradientes medias máximas que pueden adoptarse.

**Cuadro 9.** Valores de gradientes longitudinales para diferentes tipos de terreno.

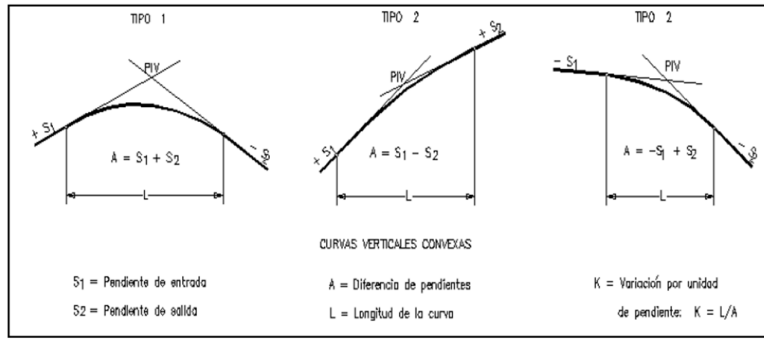
VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES MAXIMAS (PORCENTAJE)										
CLASES DE CARRETERA					LOR RECOMENDAB			VALOR ABSOLUTO		
					L	O	M	L	O	M
R----lo	R-----II	>	8000	TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000	a	8000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000	a	3000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1000	TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300	TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos	de	100	TPDA	5	6	8	6	8	14

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP,p,204.

### 2.2.10.3. 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 divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

Figura 7. Curvas Verticales Convexas



Fuente: Ingeniería Vial I (2006)

$$L = \frac{AS^2}{426} \quad (37)$$

Donde:

$L$  = longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.

$A$  = diferencia algébrica de las gradientes, expresada en porcentaje.

$S$  = distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

La longitud de una curva vertical convexa en su expresión más simple es:  $L=KA$ .

A continuación, se indican los diversos valores de  $K$  para las diferentes velocidades de diseño y para las diversas clases de carreteras, respectivamente.

Cuadro 10. Valores del coeficiente  $K$  para curvas convexas recomendables y mínimos en función del tipo de vía.

VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS										
CLASES DE CARRETERA					VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
					L	O	M	L	O	M
R----Io	R----II	>	8000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000	a	8000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000	a	3000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1000	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: Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP,p,210.

L = Terreno llano.

O = Terreno ondulado.

M = Terreno montañoso.

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min}=0.60V \quad (38)$$

Donde:

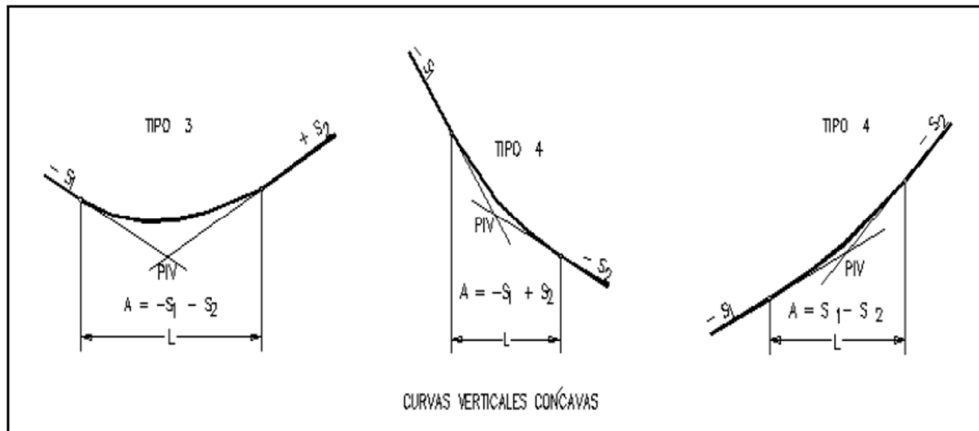
V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

En el presente estudio los valores de K están sobre el valor absoluto incluso en algunos casos superan el valor recomendable.

#### 2.2.10.4. Curvas verticales Cóncavas.

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo.

*Figura 8. Curvas Verticales Cóncavas*



Fuente: Ingeniería Vial I (2006)

La siguiente fórmula indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad de parada.

$$L = \frac{AS^2}{122+3.5S} \quad (39)$$

La fórmula anterior se basa en una altura de 60 centímetros para los faros del vehículo y un grado de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo.

La longitud de una curva vertical cóncava en su expresión más simple es:  $L=KA$ , los valores recomendables de K se presentan a continuación:

**Cuadro 11.** Valores del coeficiente *K* para curvas cóncavas recomendables y mínimos en función del tipo de vía.

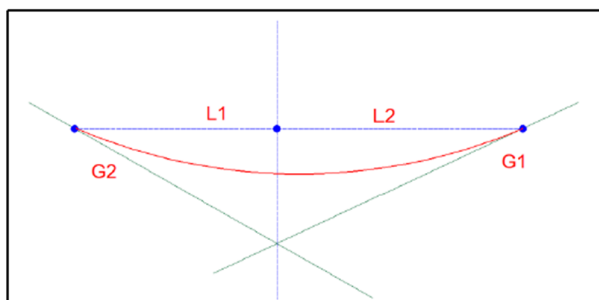
VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MINIMAS										
CLASES DE CARRETERA					VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
					L	O	M	L	O	M
R-----lo	R-----II	>	8000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000	a	8000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000	a	3000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1000	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: Normas de Diseño Geométrico 2003 MTOP,p,210.

### Curvas verticales asimétricas

Una curva vertical es asimétrica cuando las proyecciones horizontales de sus tangentes son de distinta longitud. Esta situación se presenta cuando la longitud de la curva es una de sus ramas está limitada por algún motivo. (Grisales, 2002)

**Figura 9.** Curvas Asimétricas

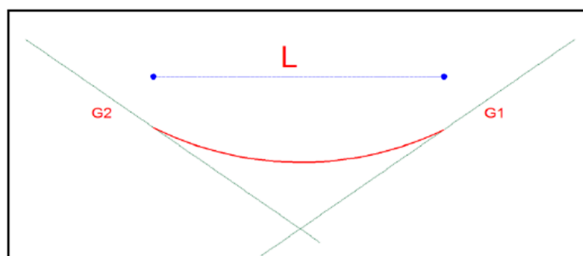


Fuente: Manual Diseño de Carreteras (2003)

### Curvas verticales simétricas

Son aquellas en la cual la longitud de entrada y salida son iguales.

**Figura 10.** Curvas Simétricas



Fuente: Manual Diseño de Carreteras (2003)

### **2.2.11. Criterios generales para el alineamiento vertical**

A más de lo indicado anteriormente, se debe observar lo siguiente:

- Se deben evitar los perfiles con gradientes reversas agudas y continuadas, en combinación con un alineamiento horizontal en su mayor parte en línea recta, por constituir un serio peligro; esto se puede evitar introduciendo una curvatura horizontal o por medio de pendientes más suaves, las que significan mayores cortes y rellenos.
- Deben evitarse perfiles que contengan dos curvas verticales de la misma dirección entrelazadas por medio de tangentes cortas.
- En ascensos largos, es preferible que las gradientes más empinadas estén colocadas al principio del ascenso y luego se las suavice cerca de la cima; también es preferible emplear un tramo de pendiente máxima, seguido por un tramo corto de pendiente suave en el cual los vehículos pesados pueden aumentar en algo su velocidad, después del cual sigue otra vez un nuevo tramo con pendiente máxima, en vez de proyectar un tramo largo de una sola pendiente, aunque ésta sea algo más suave. Esto es particularmente aplicable a carreteras de baja velocidad de diseño.
- En la selección de la curva vertical a emplearse en un enlace determinado se debe tener en cuenta la apariencia estética de la curva y los requisitos para drenar la calzada en forma adecuada.

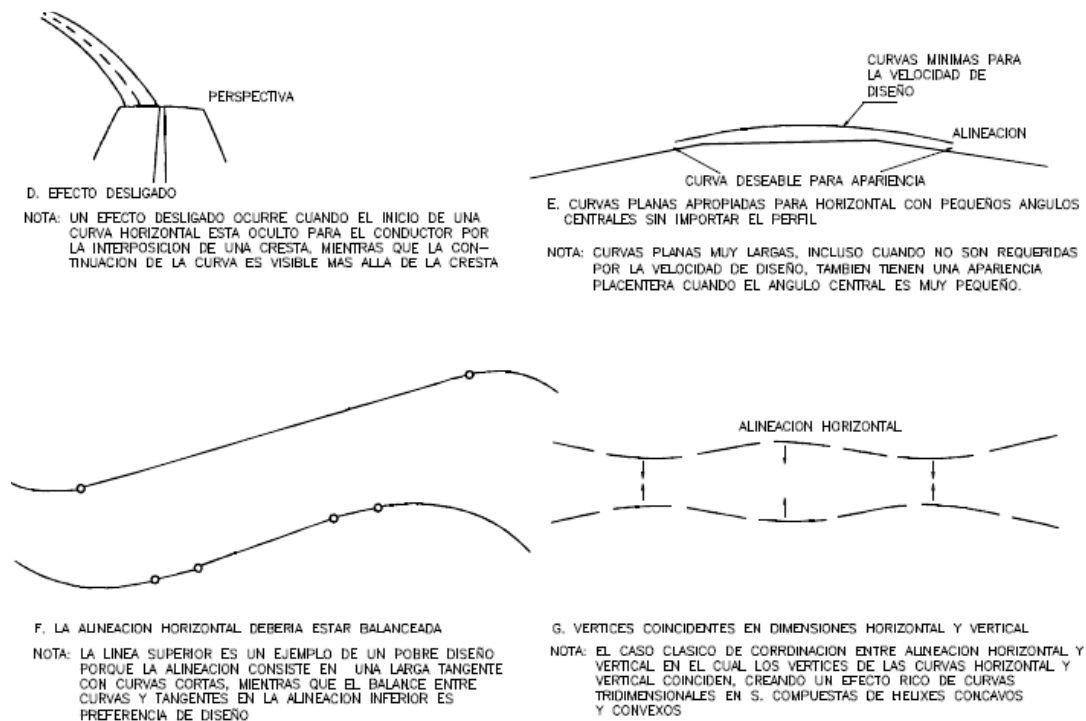
### **2.2.12. Combinación de alineamiento horizontal y vertical.**

Las combinaciones entre alineamiento horizontal y vertical aplicadas al proyecto son las que se encuentran descritas en el manual de Diseño del MTOP-2003 y se describen a continuación:

- Se debe evitar un alineamiento horizontal constituido por tangentes y curvas de grandes radios a cambio de gradientes largas y empinadas, así como también un alineamiento con curvas de radios pequeños y con gradientes casi planas. Un buen diseño se consigue conciliando los dos criterios para lograr seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación de los vehículos.

- No deben introducirse curvas horizontales agudas en o cerca de la cima de curvas verticales convexas pronunciadas. Esto se puede evitar haciendo que la curva horizontal sea más larga que la curva vertical.
- Se deben evitar curvas horizontales agudas en o en las inmediaciones del punto más bajo de las curvas verticales cóncavas que sean pronunciadas.
- En carreteras de dos carriles, la necesidad de dotarlas de tramos para rebasamiento de vehículos a intervalos frecuentes, prevalece sobre la conveniencia de la composición de los alineamientos horizontal y vertical.
- Es necesaria la provisión de curvas de grandes radios y gradientes suaves, a la medida que sea factible en la vecindad de las intersecciones de carreteras.
- En el diseño de autopistas rurales deben estudiarse las ventajas de la localización de las dos calzadas de una sola vía en forma independiente, haciendo variar el ancho de la isla central para adaptar las calzadas al terreno en la manera más eficaz.
- Es muy importante que la coordinación entre el alineamiento horizontal y el perfil vertical se efectúe durante el diseño preliminar, ajustado el uno o el otro hasta obtener el resultado más conveniente en base a un análisis gráfico de los varios elementos que influyen en un diseño equilibrado.
- **En síntesis, para obtener un buen diseño que asegure una apariencia agradable del camino, las curvas verticales deben quedar dentro de las curvas horizontales o coincidir aproximadamente como se indican en los gráficos recomendadas por la AASHTO:**

Figura 11. Gráficos recomendados por la AASHTO



Cuadro 12. Velocidad de Circulación en Carreteras

VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	TPDA	TRAFICO
$V_c = 0.80 * V_d + 6.5$	TPDA < 1000	Volumen bajo
$V_c = 1.32V_d^{0.89}$	1000 < TPDA < 3000	Volumen medio

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

## Nomenclatura

$V_c$  = Velocidad de Circulación

$V_d$  = Velocidad de diseño

Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 09 no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la Tabla 09, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la Tabla 13.

**Cuadro 13. Pendientes máximas (%)**

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	>6000				6000-4001				4000-2001				2000-400				<400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	4	2	3	4
Velocidad de diseño: 20Km/h																	8	9	10	12
30 Km/h																	8	9	10	12
40 Km/h																9	8	9	10	10
50 Km/h											7	7			8	9	8	8	8	8
60 Km/h					6	6	7	7	6	6	7	7	6	7	8	9	8	8	8	8
70 Km/h			5.00	5	6	5	6	7	6	6	7	7	6	7	7		7	7	7	7
80 Km/h	5.00	5.00	5.00	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6			7	7	7	7
90 Km/h	4.50	5.00	5.00	5	5	6			5	5			6				6	6	6	6
100 Km/h	4.50	4.50	4.50	5		6			5				6							
110 Km/h	4.00	4.00		4																
120 Km/h	4.00	4.00		4																
130 Km/h	3.50																			

**Fuente:** Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” (DG – 2013)

### Distancias de visibilidad

La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera, de ahí que a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él, se le llame distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad se discute en dos aspectos:

La distancia requerida para la parada de un vehículo, sea por restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.

La distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo.

Cuando el vehículo circula en curva, sea esta horizontal o vertical, el factor visibilidad actúa en forma determinante en su normal circulación, por lo que la distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a ó cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. Por lo tanto, es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.

La mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; una, la distancia (d1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor avizora un objeto en el camino hasta la distancia (d2) de frenaje del vehículo, es



decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos.

Estas dos distancias corresponden al tiempo de percepción y reacción, y al recorrido del vehículo durante el frenaje, respectivamente, o sea:

$$d = d_1 + d_2 \quad (40)$$

Para la determinación de la distancia de visibilidad de parada, el tiempo de percepción más el de reacción debe ser mayor que el promedio para todos los conductores bajo condiciones normales.

El tiempo de percepción es muy variable de acuerdo al conductor y equivale a 1,5 segundos para condiciones normales de carretera, de acuerdo a varias pruebas realizadas por la AASHTO. Por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores y equivalente a un segundo. De aquí que el tiempo total de percepción más reacción hallado como adecuado, se lo considera igual a 2,5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad para el 90% de los conductores. (Asshto 2011)

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción se calcula por la siguiente fórmula:

$$d_1 = \frac{V_c t}{3.6} \implies V_c * \frac{2.5seg}{3.6seg} = 0.6944 * V_c \quad (41)$$

Por lo tanto:

$$d_1 = 0.7V_c$$

En donde:

$d_1$  = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

$V_c$  = Velocidad de circulación del vehículo. Expresada en Km/h.

$t$  = tiempo de percepción más reacción en seg.

La distancia de frenaje se calcula utilizando la fórmula de la “carga dinámica” y tomando en cuenta la acción de la fricción desarrollada entre las llantas y la calzada, es decir que:

$$d_2 P f = \frac{P V_c^2}{2g} \quad (42)$$

En donde:

$d_2$  = distancia de frenaje sobre la calzada a nivel, expresada en metros.

$f$  = coeficiente de fricción longitudinal.

$V_c$  = velocidad del vehículo al momento de aplicar los frenos, expresada en metros por segundo.

$P$  = Peso del vehículo.

$g$  = aceleración de la gravedad, en el Ecuador igual a 9,78 metros sobre segundo<sup>2</sup>

### VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA PARADA DE UN VEHÍCULO (Metros)

**Cuadro 14.** Criterio de diseño: Pavimentos mojados

Clase de Carretera			TPDA	Valor recomendable absoluto			Valor		
				L	O	M	L	O	M
R-I	R-II	>	8000	220	180	135	180	135	110
I	3000	A	8000	180	160	110	160	110	70
II	1000	A	3000	160	135	90	135	110	55
III	300	A	1000	135	110	70	110	70	40
IV	100	A	300	110	70	55	70	35	25
V	Menos	A	100	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

### 2.3. ALCANTARILLAS

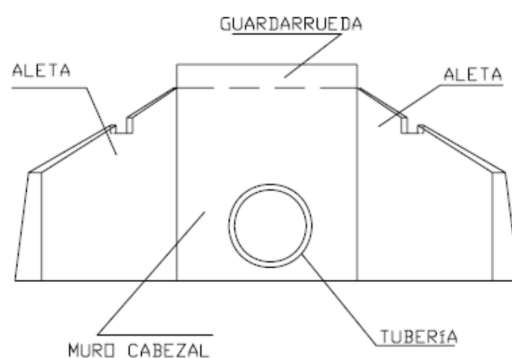
Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía, para permitir el desagüe normal de las corrientes de agua interrumpidas por la infraestructura vial. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente. Las alcantarillas están compuestas por las estructuras de entrada y salida, el conducto o tubería de cruce propiamente dicho y las obras complementarias de encoles y descoles que conducen el agua hacia o desde la alcantarilla, respectivamente. (Figuroa Infante, 2008, citado por Otálvaro B. M., 2016)

Son estructuras de evacuación de las aguas de escorrentía y su función es la de drenar corrientes de agua permanentes o estacionales. También se les denomina alcantarillas a las

estructuras que permiten evacuar en sitios predeterminados los caudales entregados por las cunetas, que a su vez recogen las aguas lluvias que caen sobre la calzada. Se consideran aquí las alcantarillas en donde el agua fluye con una superficie libre por la tubería.

La separación entre alcantarillas depende de varios factores entre los cuales podemos destacar: la topografía, la hidrología de la zona, la pendiente del tramo de carretera, la vegetación, el trazado, entre otros.

*Figura 12. Las principales partes de una alcantarilla*



Fuente: Ingeniería de caminos rurales (2004)

### 2.3.1. Elementos de una alcantarilla

**Encole.** - Estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la entrada de las obras de drenaje, y así entregar de manera segura el agua a la tubería de la alcantarilla.

**Estructura de entrada.** - Se refiere a todas las obras construidas con el fin de conducir el flujo hacia la tubería y de estabilizar el terraplén de la vía y/o el terreno natural tales como: aletas, solado, muro cabezal, etc.

**Poceta o lavadero.** - Estructura que recibe el agua recolectada por las diferentes estructuras de drenaje longitudinal, especialmente cunetas. Se utiliza como encole y en algunas ocasiones puede encontrarse en el descole acompañada de otras estructuras de conducción de agua.

**Muro Cabezal.** - Tiene como finalidad contener el material que sirve como estructura de la vía, así como de protección de la tubería.

Aletas. - Se utilizan para contener los taludes que conforman el terraplén de la vía y/o el terreno natural.

**Tubería.** - Puede ser de concreto, PVC o láminas metálicas, especialmente de acero. Tiene como fin garantizar la conducción del flujo de un lado al otro de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deben garantizar un encaje adecuado entre secciones, de manera que formen un conducto continuo, libre de irregularidades en la línea de flujo.

**Estructura de salida.** - Se refiere a todas las obras construidas con el fin de entregar el flujo hacia el descole o sitio de vertimiento de las aguas y de estabilizar las zonas aledañas. Se debe garantizar una estructura adecuada de tal forma que no se presente socavación del terreno donde se encuentre cimentada la alcantarilla. Generalmente está constituida por los mismos elementos de la estructura de entrada.

**Descole.** - Es una estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la salida de obras de drenaje y así entregar de manera segura el agua a canales naturales u otros canales no erosionables.

### **Consideraciones para el diseño.**

“El diseño del sistema de drenaje transversal menor de una carretera se realizará tomando en cuenta, para su solución, dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico permite la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento, según el caso, para períodos de retorno especificados de acuerdo a la finalidad é importancia del sistema.

El Diseño hidráulico permite establecer las dimensiones requeridas de la estructura para desalojar los caudales aportados por las lluvias, de conformidad con la eficiencia que se requiera para la evacuación de las aguas.

Las alcantarillas deberán instalarse o construirse, en lo posible, siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, facilitando de esta manera que el agua circule libremente sin interrupciones y reduciendo, al mínimo, los riesgos de erosión” (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

### **2.3.2. Cuenca de drenaje**

La cuenca de drenaje de una corriente es el área que contribuye al escurrimiento y proporciona parte o todo el flujo del curso tributario. El área drenante es, por tanto, un factor importante para la estimación de la avenida de diseño y deberá ser cuidadosamente definida por medio de:

- a) fotografías aéreas,
- b) levantamiento topográfico,
- c) cartas topográficas del IGM
- d) observaciones en el terreno.

El escurrimiento en una cuenca dependerá de diversos factores, tales como el área, la pendiente, las características del cauce principal (longitud y pendiente), elevación (cota) de la cuenca y red de drenaje.

No se puede analizar con el mismo criterio una cuenca pequeña o tributaria que una cuenca grande. En una cuenca pequeña, la forma y cantidad del escurrimiento están influenciadas por las condiciones físicas del suelo; por lo tanto, el estudio hidrológico deberá enfocarse con más atención a la cuenca misma. En cambio, en una cuenca grande, el efecto de almacenaje del cauce es muy importante, por lo que se deberá dar, también, atención a las características de este último. (MTOP, 2003)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### **Materiales de campo.**

Mapa base  
GPS diferencial de precisión  
Trípode  
Jalones  
Cámara fotográfica  
Machete  
Estacas y Puntos

##### **Materiales de oficina**

Computadora  
Software (civil3D y AutoCAD)  
Impresora  
Papel A4, A3, A2, A1  
Calculadora  
Libreta  
Lápiz

#### 3.2. METODOLOGÍA

##### 3.2.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el Barrio Florencia perteneciente a la parroquia el Valle del cantón y provincia de Loja, situados aproximadamente a 6 Km del centro de la ciudad, en las siguientes coordenadas planas UTM. Zona geográfica: 17 con Latitud: 9566243.53 m y Longitud: 697187.57 m.

El barrio Florencia al encontrarse dentro del cantón Loja cuenta con las características climáticas propias, se localiza a una altura de 2.170 m.s.n.m, poseen un clima templado andino a excepción de los meses de Junio y Julio, en los que se presenta una llovizna tipo oriental con vientos alisios. Las temperaturas fluctúan entre los 12° y 21° grados centígrados, teniendo como promedio 16°C. El camino rural se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Inicio: Coordenadas Cartográficas (UTM)

Norte = 9566243.53 m

Este = 697187.57 m

Elevación = 2070 m.s.n.m

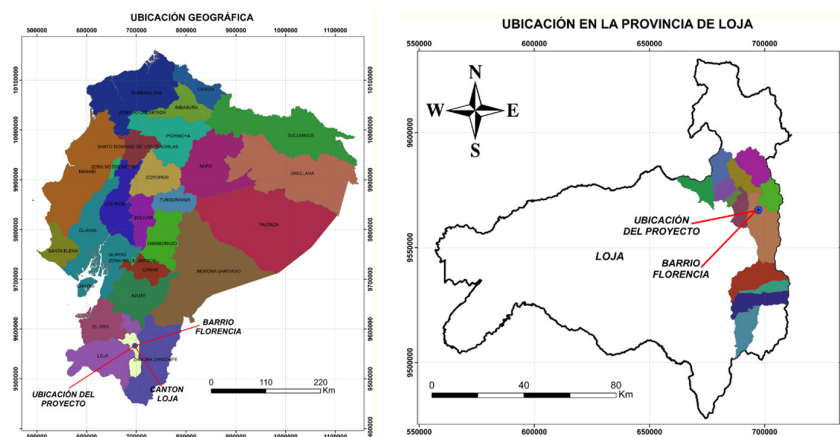
Fin: Coordenadas Cartográficas (UTM)

Norte = 9566208.86 m

Este = 697546.16 m

Elevación = 2200 m.s.n.m

**Figura 13.** Ubicación del área de estudio



### **3.2.2. Metodología para el primer objetivo. - Realizar un estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia**

En el presente estudio la recolección de la información empírica se la realizó a través de la aplicación de una encuesta de carácter socio-económica y técnica, dirigida a los moradores del barrio Florencia, en donde se evidenció la situación actual en torno a la necesidad de realizar el estudio y diseño de la vía de acceso a esta comunidad.

Se realizó un recorrido para realizar las encuestas al barrio (familia, comercio, agricultores y ganaderos) del poblado, a la que se sumó el diálogo, los saberes ancestrales y la observación directa; con el fin de captar la mayor información posible.

Se aplicó técnicas de encuestas de tipo cerrada que permitieron a los lugareños elegir las opciones con facilidad, obteniendo información relevante para el análisis; para conocer de cerca las necesidades prioritarias.

Para lograr un trabajo eficiente, se requiere un análisis de la situación actual de la población en estudio, que incluya las características demográficas, sociales, económicas, étnicas y culturales que permita establecer la población por sexo, núcleos familiares, actividades

a las que se dedican, servicios básicos, uso del suelo, producción agrícola, intensidad de las lluvias; y, conocer con exactitud su localización, identificando las vías de acceso que por sus características demandan una atención especial, información suficiente para determinar los impactos que generan estos inconvenientes a la población.

El trabajo de oficina se lo realizó para la planificación de la encuesta, implantación y mejoramiento constante de la calidad de bases de datos, con la finalidad de estudiar el material bibliográfico y digital para el análisis e interpretación de los datos recolectados en el campo.

Esta información sirvió para deliberar la urgente necesidad del diseño de un tramo del camino rural que permita la conexión con el poblado.

Con esa base de datos, se procederá a realizar la sistematización y posterior análisis que será requerido para la toma de decisión para la ejecución del diseño geométrico.

*Figura 14. Aplicación de encuestas en el campo*



### **3.2.2.1. Datos recabados del estudio socio-económico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia**

#### Pregunta 1

En el cuadro 15 se muestra el total de los moradores del sector del barrio Florencia y se observa que la población masculina predomina en un 5 %, elemento que favorece al desarrollo de las actividades de transporte, agricultura y ganadería; las mujeres colaboran con actividades dentro de casa.

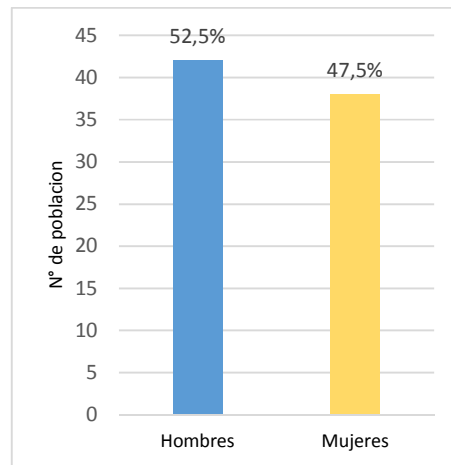
*Cuadro 15. Habitantes por sexo*

SEXO	Nº de Habitantes	%
Hombres	42	52,5
Mujeres	38	47,5
Total	80	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador



**Figura 15. Habitantes por sexo**



Pregunta 2

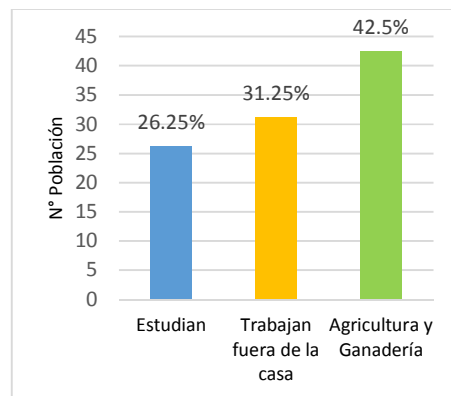
La población presente en este caso de estudio manifiesta que las actividades predominantes dentro del factor socio-económico son el estudio y trabajos fuera de las fincas, es decir que el 57.5 % mientras el resto de la población (42,5%) realiza actividades de agricultura y ganadería, ver cuadro 16.

**Cuadro 16. Actividades que realizan**

Descripción	N° Población	%
Estudian	21	26,25
Trabajan fuera de la casa	25	31,25
Agricultura y Ganadería	34	42,5
Total	80	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador

**Figura 16. Actividades que realizan**



### Pregunta 3

Se constató que los habitantes que disponen de vehículo mantienen dificultades con el acceso a la vía, dejándolos aparcado todas las noches en un terreno dado por la comunidad a una distancia de 800 metros del barrio Florencia; sin ninguna seguridad ocasionando muchas dificultades.

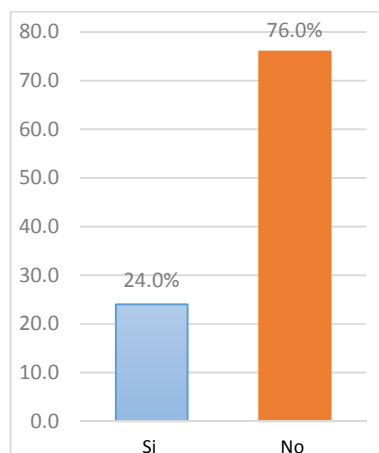
**Cuadro 17.** Familias con vehículo

Tiene	Nº	%
Familias con vehículo	6	24
Familias sin vehículo	19	76
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle

**Elaborado:** El investigador

**Figura 17.** Familias con vehículo



### Pregunta 4

En el cuadro 18 es notorio que los integrantes de la comunidad están dedicados a la crianza de animales como una actividad tradicional, lo cual contribuye directamente en la oferta de productos derivados en los mercados de la ciudad de Loja, teniendo dificultades en el traslado de alimentos y medicinas requeridas en la crianza.

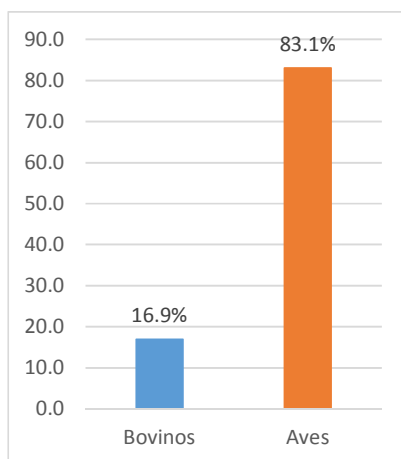
**Cuadro 18.** Cría de animales

Animales	Nº Animales	%
Bovinos	100	16.9
Aves	490	83.1
TOTAL	590	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle

**Elaborado:** El investigador

**Figura 18. Cría Animales**



## Pregunta 5

### Servicios básicos

Los habitantes del barrio Florencia indicaron que disponen del servicio de luz eléctrica, condición que permite alcanzar el desarrollo rural dentro del proceso del buen vivir y generara la posibilidad de estudiar en horarios nocturnos.

**Cuadro 19. Luz Eléctrica**

Descripción	No. de Habitantes Encuestados	%
Si	25	100
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador

La totalidad de la población dispone de Agua entubada para satisfacer las necesidades primarias como es el saneamiento y la alimentación.

**Cuadro 20. Agua Entubada**

Descripción	No. de Habitantes Encuestados	%
Si	25	100
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador

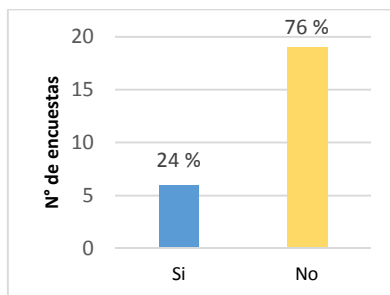
Solamente el 24 % de los moradores del barrio indicaron tener letrina, esto se debe a la dificultad para transportar los materiales de construcción en las condiciones que se encuentra el acceso vial actualmente.

**Cuadro 21. Letrinas**

Descripción	No. de Habitantes Encuestados	%
Si	6	24
No	19	76
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador

**Figura 19. Porcentaje de Servicio básico de letrinas**



El 100% de los habitantes encuestados, confirman que no cuentan con vías de acceso en el sector, lo que representa un problema relevante para la movilidad estudiantil, productiva y ganadera desde y hacia el centro de la ciudad.

**Cuadro 22. Vías de Acceso**

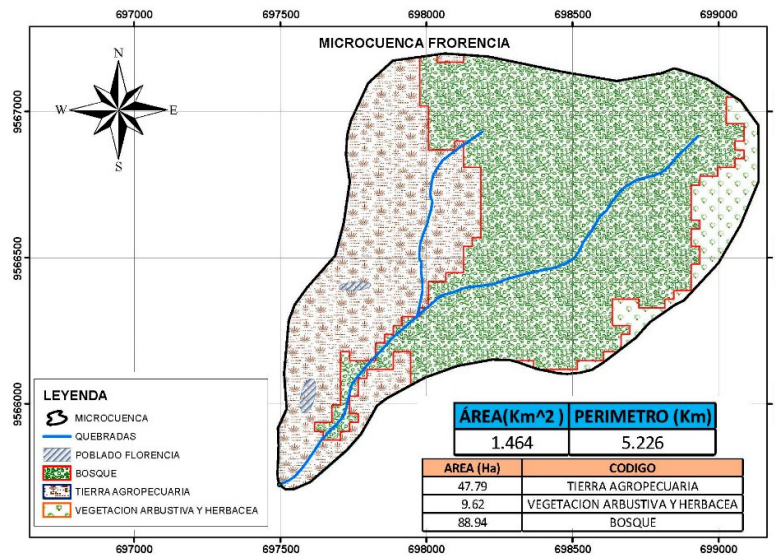
Descripción	No. de Habitantes Encuestados	%
No	25	100
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle  
**Elaborado:** El investigador

### Pregunta 6

La microcuenca de la zona del Barrio Florencia tiene un área total de 1464 Km<sup>2</sup>, un perímetro de 5.226 Km, determinándose que 11.321 Ha. están destinadas a la agricultura, siendo el cultivo de maíz y frejol el que predomina seguido por los sembríos de hortalizas. Ver cuadro 23

**Figura 20. Microcuenca Florencia**



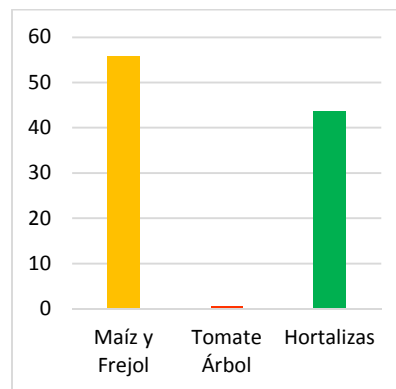
**Cuadro 23. Uso del Suelo**

Cultivos	Maíz y Frejol	Tomate Árbol	Hortalizas	Total
Área Ha	6.3235	0.0575	4.94	11.321
Área %	55.9	0.5	43.6	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle

**Elaborado:** El investigador

**Figura 21. Uso del suelo**



### Pregunta 7

La totalidad de habitantes encuestados (100%) se dedican a la agricultura como parte de su actividad económica, cabe indicar que la venta de sus productos se dificulta por la falta de una vía que permita el tránsito vehicular tanto en verano como en época de invierno, desde y hacia los centros de comercialización.

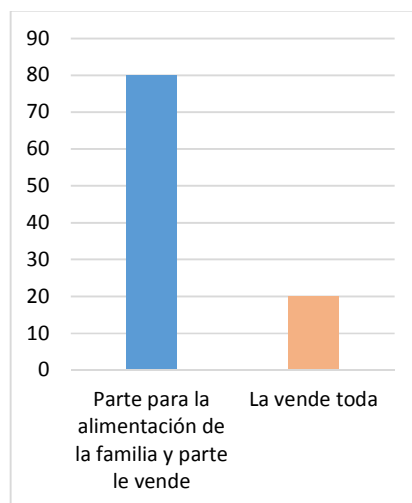
**Cuadro 24.** Destino de la producción agrícola.

Descripción	No. de Habitantes Encuestados	%
Para la venta	5	20
Parte a la venta y parte para alimentación	20	80
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle

**Elaborado:** El investigador

**Figura 22.** Destino de la producción agrícola



### Pregunta 8

El 64% de los moradores del barrio indicaron que la intensidad de las lluvias en el sector es de suave a moderada ver cuadro 25, condición climática que favorece a la estabilidad de taludes, por lo que los deslizamientos naturales son de baja magnitud.

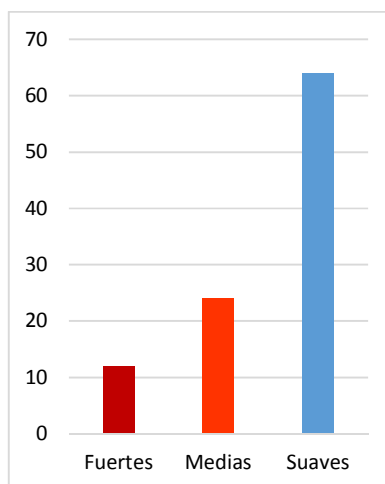
**Cuadro 25.** Intensidad de las lluvias en el sector

Respuestas	No. de Habitantes Encuestados	%
Fuertes	3	12
Medias	6	24
Suaves	16	64
Total	25	100

**Fuente:** Encuesta habitantes barrio Florencia, parroquia El Valle

**Elaborado:** El investigador

*Figura 23. Intensidad de las lluvias en el sector*



### **3.2.3. Metodología para el segundo objetivo. - Realizar el estudio y Diseño Geométrico de la vía del barrio Florencia**

El estudio y diseño de un proyecto vial está ligado íntimamente al estudio de factibilidad de acuerdo al tipo de camino, existen diferentes metodologías de evaluación; en este caso se escogió un estudio socioeconómico de las actividades que realizan los habitantes del barrio Florencia para contribuir con un diseño geométrico de un tramo del camino rural “Zañe” que mitigue la migración y beneficie la comercialización de la producción agrícola y ganadera de la zona.

Con el estudio de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) se pudo tener una idea de las características más importantes de la zona del proyecto, especialmente en lo que respecta a las características topográficas, hidrológicas y a la ubicación de las poblaciones.

Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (2003) estipula que el diseño de un tramo de la vía debe basarse entre otras informaciones en los datos sobre tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad o volumen máximo de vehículos que una carretera o camino puede absorber. El tráfico en consecuencia afecta directamente a las características del diseño geométrico. Para el presente proyecto se tomó en cuenta también la relación función, clase MTOP y tráfico; cuarto y quinto que incluye a todos los caminos rurales.

La velocidad del diseño se elige 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 sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esa velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

Los parámetros que determinan las características de diseño de un camino son la velocidad, el radio de giro horizontal, el gradiente longitudinal, la capacidad de flujo y nivel de servicio.

### 3.2.3.1. Trabajo de campo

En primera instancia se realizó un recorrido in situ al área de estudio en la que participó el Ing. Dans E. Vilela como Director de Tesis; en este recorrido se observó la posible ruta en donde se proyectara el diseño geométrico. En el recorrido se estableció la necesidad de aprovechar al máximo el camino existente; para evitar afectaciones a terrenos y construcciones existentes.

*Figura 24. Reconocimiento del lugar*



*Figura 25. Levantamiento del polígono base*





Realizado el levantamiento del polígono base como referencia, se procedió a ejecutar el levantamiento a detalle de la franja topográfica con ancho promedio de 30 m de acuerdo a la norma del MTOP.

*Figura 26. Levantamiento de la franja topográfica*



### **3.2.3.2. Trabajo de oficina**

Una vez recolectados los datos de campo se procede a diseñar en el software civil 3D la planimetría a escala 1:1000 y las curvas de nivel cada metro; sobre la cual se realiza el trazado del proyecto horizontal, de acuerdo a las normas establecidas de diseño geométrico del Ecuador (2003).

El plano horizontal del proyecto consta de los siguientes datos: el número de PI, tipo de curva horizontal con su respectiva numeración, sentido, ángulo de deflexión, radio de curvatura, longitud, peralte, sobre ancho, punto de inicios y finalización de curva con sus abscisas y referenciación respectiva.

El plano vertical del proyecto consta de los siguientes datos: pendientes longitudinales, longitud de curva vertical, abscisas, cotas tanto de terreno y proyecto, corte y rellenos.

### **3.2.3.3. Investigación Experimental – Laboratorio**

Se realizó el tipo de investigación con experimentación en laboratorio para el análisis de suelo; determinando la granulometría, límites de Atterberg y compactación para saber cuál es la densidad seca máxima en  $\text{Kg/m}^3$  y el contenido de agua óptimo en %.

Se procede a tomar muestras de suelo a una profundidad de 5 m en las coordenadas cartográficas UTM ( $X = 697197.807$ ;  $Y = 9566240$ ); 2.50 m en las coordenadas cartográficas

UTM (X = 697310.262; Y = 9566415.444); y, 1m en las coordenadas cartográficas UTM (X = 697352.799; Y = 9566459.510) para proceder con los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y compactación en el laboratorio.

Para realizar el corte de taludes en el diseño geométrico se clasifico el tipo de suelo que existe en el lugar, en laboratorio de materiales de construcción de la Universidad Nacional de Loja.

Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y caminos vecinales (2003), que regulan el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras; permiten mantener una uniformidad de criterios para el diseño de caminos y carreteras en el país, debido a la presencia de la Cordillera de los Andes; por lo cual, para todas las clases de carreteras y caminos, se ha considerado una reclasificación de las velocidades de diseño, radios de giro y demás parámetros que intervienen en el diseño geométrico. Estas van acordes a las condiciones topográficas especiales de nuestro país y por ende consideradas en el estudio de caso del barrio Florencia. También se tomaron en cuenta las normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial (Asshto 2011) sobre políticas de diseño de autopistas rurales.

#### **3.2.3.4. Ensayo de granulometría AASHTO T 88-00**

##### **Materiales y métodos**

###### **Materiales**

Cuarteador

Muestra de suelo

Juego de tamices

Agua

Capsulas

Cepillo y brocha, para la limpieza de las mallas de los tamices

###### **Equipos**

Balanza.

Horno

##### **Metodología para la práctica de Granulometría**

Pasos para determinar la granulometría:

- Se toma la muestra de suelo in situ.

*Figura 27. Muestra de suelo*



- Cuarteado del suelo en el laboratorio.

*Figura 28. Cuarteado*



- Se toma la cuarta parte de suelo y se pesa, para luego tamizarlo.

*Figura 29. Pesando la muestra*



- Se procede a armar el juego de tamices, desde la malla más grande a la más pequeña.

*Figura 30. Tamices*



- Posteriormente se pasa el material por las diferentes mallas, que van de mayor a menor abertura, tal y como se presentan en el registro propio para este ensayo.

*Figura 31. Pasando el material*



- El material retenido en cada malla se va colocando en una capsula y se pesa para ingresar al horno a una temperatura 105°C. durante 24 horas para luego ser pesado.

*Figura 32. Secando el material*



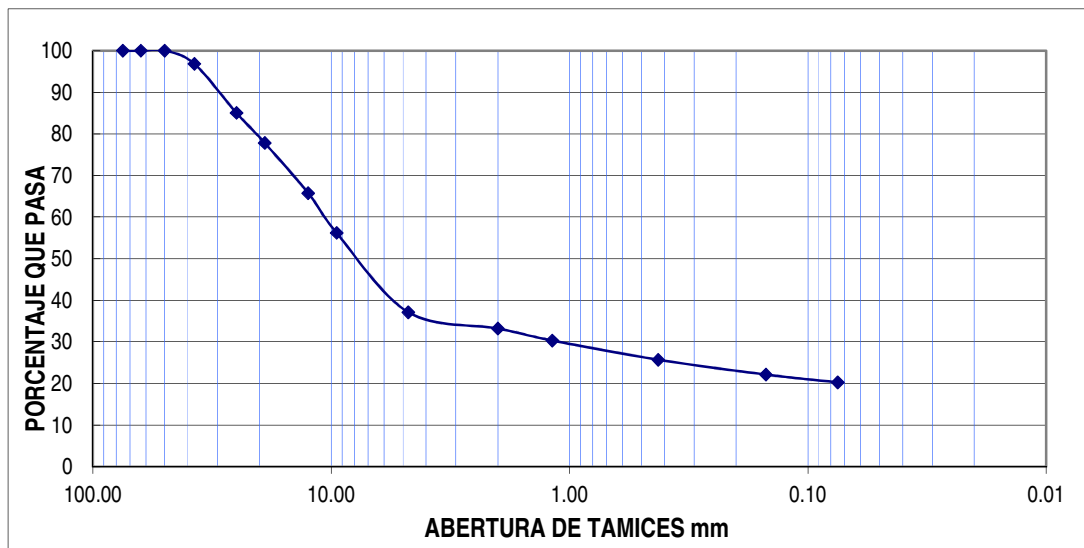
### 3.2.3.4.1. Datos recabados del estudio de granulometría.

*Cuadro 26. Análisis granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
MM	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA
75	3"	0	0	100
63	2 1/2"	0	0	100
50	2"	653	14	86
37.5	1 1/2"	748	17	83
25	1"	1460	32	68
19	3/4"	1886	42	58
12.5	1/2"	2512	56	44

9.5	3/8"	2829	63	37
4.750	Nº.4	3417	76	24
	Pasa Nº.4	1092	24	76
2.360	Nº.8			
2.000	Nº.10	32	4	20
1.180	Nº.16	51	6	18
0.850	Nº.20			
0.600	Nº.30			
0.425	Nº.40	81	10	15
0.300	Nº.50			
0.150	Nº.100	103	12	12
0.075	Nº.200	112	13	10.9
	Pasa Nº.200	91	10.9	
	<b>TOTAL</b>	<b>4509</b>		
Peso Total de Lavado:			203.00	
Peso Total después de Lavado:			112.00	

Figura 33. Curva granulométrica



### 3.2.3.5. Ensayo de límites de atterberg AASHTO T 89-02

#### Materiales y métodos

##### Materiales

Tamiz # 40

Capsulas

Muestra de suelo

##### Equipos

Balanza de precisión

Casagrande

Agua

Espátula

### Metodología para la práctica límites de Atterberg

Pasos para la experimentación:

- Colocamos la muestra en el tamiz # 40 luego procedemos a mover para que se cierna, y luego pesamos 150gr.

*Figura 34. Cernido y pesando el suelo*



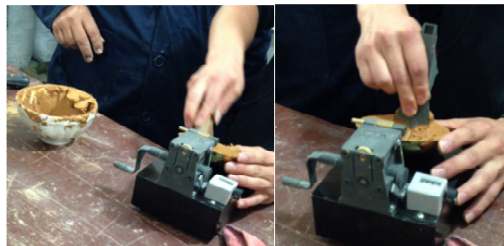
- Procedemos a la muestra pesada a agregar agua hasta que se homogenice.

*Figura 35. Agregando agua*



- Enseramos el equipo Casagrande y luego procedemos a colocar la muestra. Dando la forma que nos quede como batea, y lo pasamos el ranurador por el centro.

*Figura 36. Colocación de la muestra y pasado del ranurador*



- Procedemos a dar 35 golpes para ver si la muestra se une en la ranura. Dando aproximadamente 2 golpes/Sg.

*Figura 37. Dando golpes*



- Luego observamos donde se encuentra la mezcla más unido, y se corta y se saca con la espátula de filo y se coloca en una capsula para introducirlo al horno y secarlo.

*Figura 38. Secado de material*



### 3.2.3.5.1. Datos recabados del estudio de límites.

*Cuadro 27. Datos de limite liquido*

LIMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
NUMERO DE CÁPSULA	22	16	100	21
Peso de la Cápsula (gr.)	25.00	24.80	24.70	24.80
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	30.90	30.90	32.30	33.60
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	29.20	29.20	30.35	31.50
Peso del suelo Seco (gr.)	4.20	4.40	5.65	6.70
Peso del Agua (gr.)	1.70	1.70	1.95	2.10
Contenido de Humedad (%)	40.48	38.64	34.51	31.34
NUMERO DE GOLPES	15	18	25	35

Figura 39. Diagrama límite líquido



$$LL = (-10.99 * \ln(25)) + 70.226$$

$$LL = 34.85$$

Cuadro 28. Datos de límite plástico

LÍMITE PLÁSTICO			
NUMERO DE CÁPSULA	31	56	99
Peso de la Cápsula (gr.)	24.60	24.60	24.60
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (gr.)	28.70	28.70	28.70
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	27.70	27.70	27.70
Peso del suelo Seco (gr.)	3.10	3.10	3.10
Peso del Agua (gr.)	1.00	1.00	1.00
Contenido de Humedad (%)	32.26	32.26	32.26
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P. = 32.26 %		

Cuadro 29. Resultados

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 34.9%	L.L. = 35%
L.P. = 32.3 %	L.P. = 32 %
I.P. = 2.6%	I.P. = 3%

### 3.2.3.6. Ensayo de compactación norma T.180-D

#### Materiales y métodos

##### Materiales

Molde Metálico (Proctor)

##### Equipos

Balanza.



Bandeja para mezclar el suelo con el agua. Horno.

Cápsulas de aluminio.

Martillo con un peso adecuado de acuerdo al método de compactación

## Metodología para la práctica de compactación

Pasos para la experimentación:

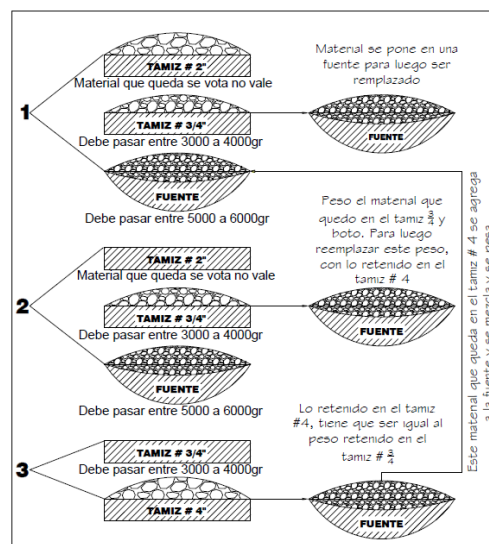
- Una vez secado el suelo a una temperatura de 105°C durante 24 horas, se realiza un cuarteado de la muestra de suelo.

*Figura 40. Cuarteado del suelo*



- Luego procedemos a tamizar la cuarta parte del material por el tamiz No. 2 3/4 y N° 4 respectivamente.

*Figura 41. Tamizando*



- Una vez tamizado el material lo pesamos.

*Figura 42. Pesando el material*



- Procedemos a la muestra pesada a agregar agua al 3% y empezamos a dar la vuelta el material, con las manos hasta homogenizarle bien.

*Figura 43. Mezcla con agua*



- Una vez bien húmedo el material procedemos a compactar el material en el molde, en cinco capas con 56 golpes.

*Figura 44. Compactación del material*



- Una vez compactado el material en el molde, procedemos a sacar y a enrazar la parte superior del molde.

Figura 45. Enrazando el molde



### 3.2.3.6.1. Datos de compactación

#### Calicata 1; Profundidad: 0,00 m a 5.00 m

Cuadro 30. Datos de compactación

NORMA ENSAYO	T-180-D	
GOLPES/CAPA	56	
No. DE CAPAS	5	
PESO MARTILLO:	4.5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46.0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO	15.22	cm.
ALTURA	11.63	cm
VOLUMEN	2 116	cm3
PESO	5 746	gramos

#### DATOS PARA LA CURVA

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10 607	10 988	10 795	10 524
Peso suelo:	4 861	5 242	5 049	4 778
Dens. Hum :	2 297	2 477	2 386	2 258

#### CONTENIDOS DE HUMEDAD

W. hum.:	105.42	101.83	119.37	106.89	100.49	100.90	111.74	101.06
W. seco:	101.80	98.48	112.73	100.52	92.99	92.86	101.33	91.01
W. caps:	18.36	18.17	17.68	17.16	17.63	18.40	18.04	18.05
w (%) :	4.34	4.17	6.99	7.64	9.95	10.80	12.50	13.77
Promedio	4.25		7.31		10.37		13.14	
Dens. Seca:	2 204		2 309		2 162		1 996	

#### Calicata 2; Profundidad: 0,00 m a 2.50 m

Cuadro 31. Datos de compactación

NORMA ENSAYO	T-180-D	
GOLPES/CAPA	56	
No. DE CAPAS	5	
PESO MARTILLO:	4.5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46.0	cm.

DATOS DEL MOLDE		
DIÁMETRO	15.22	cm.
ALTURA	11.63	cm
VOLUMEN	2 116	cm3
PESO	5 746	gramos

#### DATOS PARA LA CURVA

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10 533	10 874	10 766	10 481
Peso suelo:	4 787	5 128	5 020	4 735
Dens. Hum :	2 262	2 424	2 372	2 238

#### CONTENIDOS DE HUMEDAD

W. hum.:	104.67	104.36	92.51	106.62	100.42	96.13	97.80	106.88
W. seco:	100.20	100.41	85.91	99.09	92.00	87.82	86.96	94.50
W. caps:	18.05	18.40	15.96	18.42	18.38	18.24	18.21	17.90
w (%) :	5.44	4.82	9.44	9.33	11.44	11.94	15.77	16.16
Promedio	5.13		9.38		11.69		15.96	
Dens. Seca:	2 152		2 216		2 124		1 930	

### 3.2.3.7. Calculo del lineamiento horizontal

#### Velocidad de Diseño:

Según las normas de diseño geométrico de carreteras (2003) del MTOP y de acuerdo al Tráfico Promedio Diario Anual, el diseño para la vía “Zañe” es de clase IV. Para el presente estudio se adoptó una velocidad de diseño de 25 km/h, debido a que el terreno es de tipo montañoso.

#### Velocidad de circulación.

Para determinar la velocidad de circulación se toma en cuenta los valores de diseño recomendados para caminos vecinales de IV orden. (MTOP, p.23)

$$Vc = 0.80Vd + 6.5$$

$$Vc = 0.80(25) + 6.5$$

$$Vc = 26.4$$

Entonces la velocidad de circulación será de 25 a 30 km/h.

#### Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

El coeficiente de fricción lateral (f) varía en un rango de 0.15 a 0.40, valores determinados en forma experimental por la AASHTO.

Un radio de giro de 10 m no es aceptable por el MTOP; se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de: aprovechar la infraestructura existente, relieve difícil (escarpado) y caminos de bajo costo.

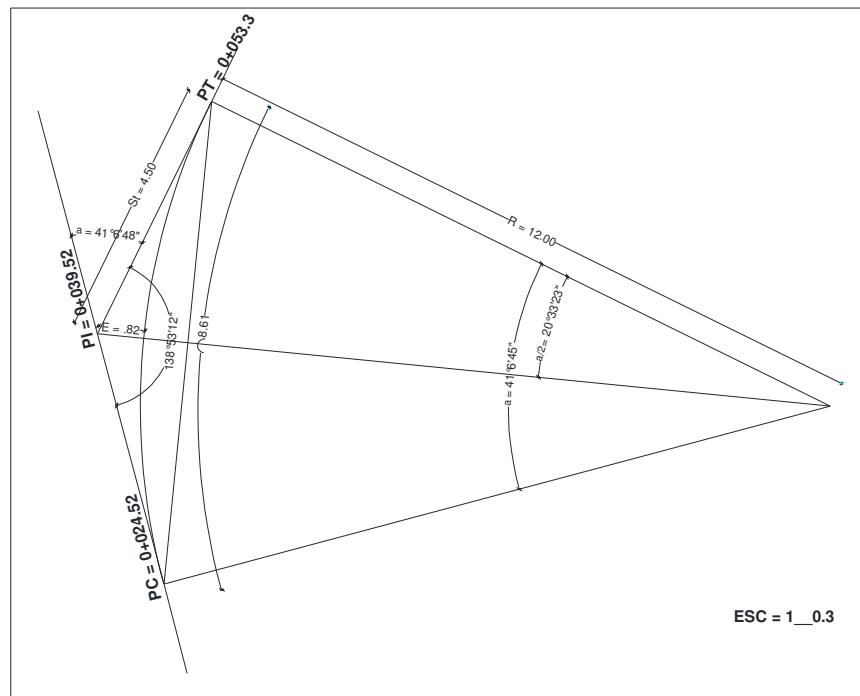
$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

$$R = \frac{(25\text{Km/h})^2}{127(0.20 + 0.315)}$$

$$R = 10\text{m} \approx 15\text{m}$$

### Curvas Circulares

Figura 46. Primera curva horizontal derecha



Cálculos de la primera curva.

$$360^{\circ} - 138^{\circ}53'12'' = 221^{\circ}06'48''$$

$$\alpha = 221^{\circ}06'48'' - 180^{\circ} = 41^{\circ}06'48''$$

$$\alpha/2 = 41^{\circ}06'48'' - 2 = 20^{\circ}33'23.5''$$

**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 significante en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra  $G_c$  y su fórmula es la siguiente:

Curva circular No. 1, con un radio de 40m

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{40}$$

$$G_c = 28^{\circ}38'53''$$

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

$$R = \frac{1145.92}{G_c}$$

$$R = \frac{1145.92}{28^{\circ}38'53''}$$

$$R = 39.99m$$

**Longitud de curva.** - Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como  $L_c$  y su fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$L_c = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

$$L_c = \frac{\pi (40m)(41^{\circ}06'48'')}{180}$$

$$L_c = 28.70m$$

**Tangente de curva o subtangente.** - Es la distancia entre el PI y el PC o entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra “T” y su fórmula de cálculo es:

$$T = R * Tg \frac{\alpha}{2}$$

$$T = 40m (Tg 20^{\circ}33'23.5'')$$

$$T = 15m$$

**External.** - Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra “E” y su fórmula es:

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

$$E = 40m * \left( \frac{1}{\cos 20^\circ 33' 23.5''} - 1 \right)$$

$$E = 2.72m$$

**Ordenada media.** - Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra "M" y su fórmula de cálculo es:

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M = 40m - (40m * \cos 20^\circ 33' 23.5'')$$

$$M = 2.54m$$

**Deflexión en un punto cualquiera de la curva.** - Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado. Se lo representa como  $\theta$  y su fórmula es:

$$\theta = \frac{G_c * 1}{20}$$

$$\theta = \frac{28.6480 * 1}{20}$$

$$\theta = 1^\circ 25' 56.65''$$

**Cuerda.** - Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se la representa con la letra "C" y su fórmula es:

$$C = 2 * R * \text{sen} \frac{\theta}{2}$$

$$C = 2 * 40m * \text{sen} \frac{1^\circ 25' 56.65''}{2}$$

$$C = 0.9999m$$

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama cuerda larga. Se la representa con las letras "CL" y su fórmula es:

$$CL = 2 * R * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

$$CL = 2 * 40m * \text{sen} \frac{41^\circ 06' 48''}{2}$$

$$CL = 28.09m$$

Los abscisados en la vía diseñada es cada 20 metros de longitud en tangentes y cada 10 metros de longitud en curvas. Identificado los principios de curva PC y los principios de tangente PT, la forma de determinarlo es:

$$PC = PI - T$$

$$Pc = 39.52 - 15$$

$$Pc = 24.52m$$

$$PT = PC + LC$$

$$PT = 24.52 + 28.70$$

$$PT = 53.3m$$

**Angulo de la cuerda.**

$$\emptyset = \frac{\theta}{2}$$

$$\emptyset = \frac{1^{\circ}25'56.65''}{2}$$

$$\emptyset = 0^{\circ}42'58.32''$$

Centro de curva.

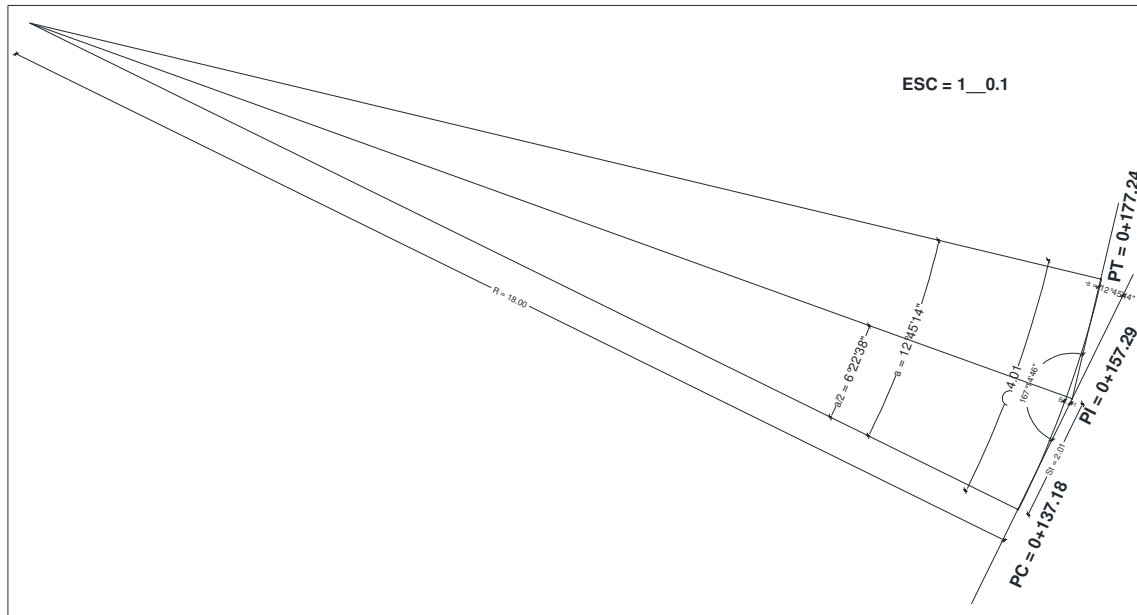
$$CC = PC + \frac{LC}{2}$$

$$CC = 0 + 024.52 + \frac{28.70}{2}$$

$$CC = 0 + 038.87m$$



Figura 47. Primera curva horizontal izquierda



$$\alpha = 167^{\circ}14'46'' - 180^{\circ} = -12^{\circ}45'14''$$

$$\alpha/2 = 12^{\circ}45'14''/2 = 6^{\circ}22'37''$$

$$R = 180 \text{ m}$$

**Grado de curvatura**

$$G_C = \frac{1145.92}{R}$$

$$G_C = \frac{1145.92}{180}$$

$$G_C = 6^{\circ}21'58.4''$$

**Radio de curvatura**

$$R = \frac{1145.92}{G_C}$$

$$R = \frac{1145.92}{6^{\circ}21'58.4''}$$

$$R = 180 \text{ m}$$

### Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

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

$$R = \frac{(25Km/h)^2}{127(0.20 + 0.315)}$$

$$R = 10m \approx 15 m$$

### Deflexión en un punto cualquiera de la curva

$$\theta = \frac{G_c * 1}{20}$$

$$\theta = \frac{6.366 * 1}{20}$$

$$\theta = 0^\circ 19' 5.88''$$

### Cuerda

$$C = 2 * R * \text{sen} \frac{\theta}{2}$$

$$C = 2 * 180m * \text{sen} \frac{0^\circ 19' 5.88''}{2}$$

$$C = 0.9999m$$

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama cuerda larga. Se la representa con las letras “CL” y su fórmula es:

$$CL = 2 * R * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

$$CL = 2 * 40m * \text{sen} \frac{12^\circ 45' 14''}{2}$$

$$CL = 39.98m$$

### Angulo de la cuerda

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

$$\emptyset = \frac{0^{\circ}19'5.88''}{2}$$

$$\emptyset = 0^{\circ}9'32.94''$$

**Tangente o subtangente**

$$T = R * Tg \frac{\alpha}{2}$$

$$T = 180m (Tg 6^{\circ}22'37'')$$

$$T = 20.11m$$

**Longitud de curva**

$$Lc = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

$$Lc = \frac{\pi (180m)(12^{\circ}45'14'')}{180}$$

$$Lc = 40.07m$$

**External**

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

$$E = 180m * \left( \frac{1}{\cos 6^{\circ}22'37''} - 1 \right)$$

$$E = 1.12m$$

**Centro de curva**

$$CC = PC + \frac{LC}{2}$$

$$CC = 0 + 138.18 + \frac{40.07}{2}$$

$$CC = 0 + 158.22m$$

$$PC = PI - St$$

$$Pc = 157.29 - 20.11$$

$$Pc = 137.18m$$

$$PT = PC + LC$$

$$PT = 137.18 + 40.07$$

$$PT = 177.24m$$

### Ordenada media

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M = 180m - (180m * \cos 6^{\circ}22'37'')$$

$$M = 1.11m$$

**Cuadro 32.** Resultados de detalles de elemento geométricos de curvas horizontales circulares

CURVA N°	CURVA CIRCULAR							
	ABS. PC	ABS. PI	ABS. PT	CC (m)	R(m)	LC (m)	TG (m)	EXT (m)
1	0+024.52	0+039.52	0+053.22	0+038.871	40	28.70	15.00	2.72
2	0+137.17	0+157.29	0+177.24	0+157.204	180	40.07	20.12	1.08
3	0+241.65	0+655.85	0+315.72	0+278.687	25	74.07	414.20	390.43
4	0+359.16	0+365.21	0+371.25	0+365.203	80	12.09	6.05	0.24
5	0+413.18	0+676.96	0+461.51	0+437.343	16	48.33	263.78	248.27
6	0+545.50	0+548.11	0+550.71	0+548.106	100	5.21	2.61	0.00
7	0+622.22	1+281.52	0+673.23	0+647.725	17	51.01	659.30	643.01
8	0+759.25	0+767.97	0+776.57	0+767.908	60	17.32	8.72	0.66
9	0+822.09	0+846.72	0+866.25	0+844.169	40	44.16	24.63	6.96
10	0+879.19	0+902.37	0+922.60	0+900.894	50	43.41	23.18	5.10
11	0+992.37	1+007.29	1+019.37	1+005.869	25	27.00	14.92	4.05

Se han calculado cada uno de los elementos de las curvas circulares existentes en el presente diseño, señalando que el radio de giro máximo es de 180 m y mínimo de 16 m acordes con las normas de diseño geométrico para carreteras y caminos vecinales.

El radio mínimo para curvas horizontales en el tipo de terreno montañoso en las abscisas (0+413.18 a 0+550.71), es de 16 m; cabe indicar que no se pudo dar un radio de giro mayor de 20 m que es lo recomendable por las normas de diseño, debido a la infraestructura existente en la zona; de igual forma para la abscisa. (0+622.22 a 0+673.23), que es de 17 m.

Las secciones típicas de diseño por ser una vía de Clase IV, tienen un ancho de calzada de 6 m; tomando 1 m a cada lado de la vía para ser destinado al diseño de cunetas y en relación al terreno montañoso.

**Cuadro 33.** *Calculo de sobre ancho y peralte*

PI	S(m)	P (%)	LT.(m)	T.	C.
1	1.60	6.90	15.00	2/3	1/3
2	0.50	SN			
3	2.50	8.00	15.00	2/3	1/3
4	0.90	SN			
5	3.70	8.00	15.00	2/3	1/3
6	0.80	SN			
7	3.60	8.00	15.00	2/3	1/3
8	1.20	4.60	15.00	2/3	1/3
9	1.60	6.90	15.00	2/3	1/3
10	1.40	5.50	15.00	2/3	1/3
11	2.40	8.00	15.00	2/3	1/3

### 3.2.3.8. Calculo del alineamiento vertical

#### **Cálculo de LC (L1 y L2) Longitud Horizontal de la curva**

$$PCV = 22.75 \text{ m}$$

$$PTV = 52.75 \text{ m}$$

$$LC = PTV - PCV$$

$$LC = 52.75 \text{ m} - 22.75 \text{ m}$$

$$LC = 30 \text{ m}$$

#### **Para curvas verticales simétricas**

$$L1 \text{ y } L2 = \frac{LC}{2}$$

$$L1 \text{ y } L2 = \frac{30}{2}$$

$$L1 \text{ y } L2 = 15 \text{ m}$$

Donde:

PTV: Punto de fin de curva vertical

PCV: Punto de comienzo de curva vertical

L1 y L2: Longitud de entrada y de salida respectivamente

Cálculo de VPI STA (Intersección de tangentes) en el eje de las abscisas.

Curva vertical No.1:

$$PVI = PCV + Tv$$

$$PVI = 22.75 + 15$$

$$PVI = 37.75 \text{ m}$$

Donde:

Tv: Distancia de la tangente vertical (L1)

Cálculo de VPT STA (fin de la curva vertical)

$$PTV = PVI + Tv$$

$$PTV = 37.75 + 15$$

$$PTV = 52.75 \text{ m}$$

Tv: Distancia de la tangente vertical (L2)

## Pendientes

*Cuadro 34. Pendientes mínimas en relación del TPDA esperado.*

CATEGORIA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	PORCENTAJE					
		VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
		LL	O	M	LL	O	M
RI o RH	>8000	2	3	4	3	4	6
I	3000-8000	3	4	6	3	5	7
II	1000-3000	3	4	7	4	6	8
III	800-1000	4	6	7	6	7	9
IV	100-800	5	6	8	6	8	12
V	<100	5	6	8	6	8	14

**Fuente:** Normas para diseño geométrico de carreteras MTOP (2003).

## **Cálculo de Pendientes**

Curva vertical No.1:

PCV EL: 2097.29 m

PVI EL: 2099.457 m

PTV EL: 2101.41 m

L1 ^ L2: 15 m

## **Curva Convexa y Simétrica**

Calculo g1:

$$**Diferencia de Cotas}_{g1} = PCV EL - PVI EL**$$

$$Diferencia de Cotas_{g1} = 2097.29 - 2099.457$$

$$Diferencia de Cotas_{g1} = 2.167$$

$$g1 = \frac{\mathbf{Diferencias de Cotas}}{\mathbf{L1}} * 100\%$$

$$g1 = \frac{2.167}{15} * 100\%$$

$$g1 = 14.45\%$$

Calculo g2:

$$**Diferencia de Cotas}_{g2} = PTV EL - PVI EL**$$

$$Diferencia de Cotas_{g2} = 2101.41 - 2099.457$$

$$Diferencia de Cotas_{g2} = 1.953$$

$$g2 = \frac{\mathbf{Diferencias de Cotas}}{\mathbf{L1}} * 100\%$$

$$g2 = \frac{1.953}{15} * 100\%$$

$$g2 = 13.02\%$$

## **Curvas Verticales Convexas**

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en m, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.56V \text{ Km/h}$$

$$L_{min} = 0.56 \left( 25 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \right)$$

$$L_{min} = 14 \text{ m}$$

En donde, V es la velocidad de diseño, expresada en Km/h

### **Curvas Verticales Cóncavas**

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales cóncavas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.56V \text{ Km/h}$$

$$L_{min} = 0.56 \left( 25 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \right)$$

$$L_{min} = 14 \text{ m}$$

En donde, V es la velocidad de diseño, expresada en Km/h

Cálculo de la diferencia algebraica de pendientes (A)

Es la diferencia entre la pendiente de salida y la entrada ambas expresadas en porcentajes y con su respectivo signo.

Cálculo de la curva vertical No.1:

$$g1: 14.45\%$$

$$g2: 13.02\%$$

$$A = (g1 - g2)$$

$$A = (14.45\% - 13.02\%)$$

$$A = 1.43\%$$

Considerar A como valor absoluto.



### **Cálculo del External:**

Cálculo de la curva vertical No.1:

$$e = \frac{L1 + L2}{200 * Lt} * A$$

Datos

g1: 14.45%

g2: 13.02%

PVI EL: 2099.457 m

$LC = 30 \text{ m}$

$L1 = 15$

$L2 = 15$

Curva Simétrica

$$e = \frac{15+15}{200*30} * 1.43$$

$e = 0.00715 \text{ m}$

Cálculo de cambio de pendientes por unidad de longitud (K).

Cambio de pendiente por unidad de longitud (K): es la relación entre la longitud horizontal de curva y la diferencia algebraica, de pendientes.

Cálculo de la curva vertical No.1:

$$K = \frac{Lt}{A}$$

$$K = \frac{30}{1.43}$$

$K = 20.9$

### **Calculo de Elevaciones**

PCV EL: 2097.29 m

PVI EL: 2099.457 m

PTV EL: 2101.41 m

**Cuadro 35.** *Detalles de elemento geométricos de curvas verticales*

CURVA N°	g1%	g2%	CL	K
Convexo	14.45	13.04	30	21.289
Convexo	13.04	6.49	30	4.579
Cóncavo	6.49	14.76	60	7.255
Convexo	14.76	12.18	50	19.382
Cóncavo	12.18	13.74	30	19.294
Convexo	13.74	1.35	30	2.423

Lo recomendado por el MTOP para las pendientes longitudinales máxima para caminos de IV orden es de 12%, debido a que es un terreno montañoso se incrementa la pendiente en un 3% para ganar una diferencia de nivel en longitudes menores a 750 m.

### 3.2.3.9. Cálculo de volúmenes.

**Cuadro 36.** *Cortes y Rellenos*

Abscisa	Área Corte	Volumen de corte	Área de rellenó	Volumen de relleno	Volumen de relleno acumulado
0+000.00	38.24	0	1.49	0	0
0+020.00	108.54	1 467.75	0.45	19.34	19.34
0+024.52	122.12	521.62	0	1.01	20.35
0+030.00	146.12	538.77	0	0	20.35
0+038.87	128.01	881.68	0	0	20.35
0+040.00	125.04	100.2	0	0	20.35
0+050.00	107.73	805.25	0	0.01	20.36
0+053.23	103.97	233.48	0	0	20.36
0+060.00	95.23	674.78	0	0	20.37
0+080.00	34.35	1 295.76	11.05	110.53	130.89
0+100.00	26.09	604.4	0.89	119.45	250.34
0+120.00	54.25	803.46	0	8.93	259.27
0+137.18	46.25	863.14	0	0.01	259.28
0+140.00	42.29	124.97	0.23	0.33	259.61
0+150.00	44.61	455.78	7.53	37.52	297.13
0+157.21	51.85	376.75	6.15	47.91	345.04
0+160.00	44.55	134.43	2.71	12.35	357.39
0+170.00	36.09	430.58	0.19	14.25	371.64
0+177.24	52.78	323.62	0	0.7	372.35
0+180.00	59.71	154.98	0.67	0.93	373.28
0+200.00	109.1	1 688.16	38.8	394.77	768.05
0+220.00	74.27	1 833.72	5.96	447.68	1 215.72
0+240.00	20.6	948.71	90.72	966.81	2 182.53
0+241.65	14.29	28.84	97.46	155.54	2 338.07

0+250.00	0.03	52.7	95.8	705.58	3 043.65
0+260.00	0	0.14	51.55	457.17	3 500.82
0+270.00	32.99	156.73	45.56	168.35	3 669.17
0+278.69	73.54	469.74	43.13	110.87	3 780.04
0+280.00	79.57	104.89	40.7	15.24	3 795.28
0+290.00	195.17	1 442.11	29.81	123.84	3 919.12
0+300.00	370.19	2 951.70	52.19	387.94	4 307.06
0+310.00	469.13	4 574.29	22.75	358.86	4 665.92
0+315.73	414.26	2 856.12	21.26	35.83	4 701.74
0+320.00	361.61	1 657.59	9.38	65.47	4 767.21
0+340.00	194.34	5 559.52	18.26	276.41	5 043.62
0+359.16	142.11	3 222.84	6.74	239.49	5 283.11
0+360.00	141.81	119.56	4.93	4.92	5 288.02
0+365.20	152.36	757.77	0	16.52	5 304.54
0+370.00	130.89	663.67	0	0	5 304.54
0+371.24	125.37	159.45	0	0	5 304.54
0+380.00	91.47	949.28	0.8	3.5	5 308.04
0+400.00	94.68	1 861.50	5.61	64.1	5 372.14
0+413.17	164.72	1 708.42	17.98	155.39	5 527.53
0+420.00	191.99	870.54	1.27	117.21	5 644.74
0+430.00	186.52	2 018.25	4.22	22.9	5 667.64
0+437.34	240.8	1 742.64	1.66	17.83	5 685.46
0+440.00	256.43	729.38	1.88	0.72	5 686.19
0+450.00	289.67	3 022.32	1.73	2.68	5 688.86
0+460.00	325.91	3 154.24	1.88	2.44	5 691.30
0+461.50	311.03	440.07	2.27	1.19	5 692.49
0+480.00	179.93	4 541.69	4.2	59.83	5 752.33
0+500.00	121.22	3 011.49	0	42.01	5 794.34
0+520.00	85.6	2 068.14	37.55	375.56	6 169.90
0+540.00	155.12	2 407.14	0.36	379.14	6 549.04
0+545.50	164.94	880.09	0.05	1.12	6 550.16
0+548.11	177.3	495.94	0	0.07	6 550.24
0+550.00	184.65	382.5	0.29	0.3	6 550.54
0+550.71	186.08	131.91	0.24	0.19	6 550.73
0+560.00	206.73	1 824.26	0.51	3.46	6 554.19
0+580.00	59.56	2 662.87	19.84	203.41	6 757.60
0+600.00	7.14	667	61.28	811.18	7 568.78
0+620.00	65.57	727.17	13.75	750.37	8 319.15
0+622.22	77.57	158.67	6.36	22.29	8 341.45
0+630.00	80.14	310.93	3.58	33.9	8 375.35
0+640.00	149.44	1 057.20	2.42	7.04	8 382.39
0+647.72	222.97	1 496.70	3.66	-6.81	8 375.58
0+650.00	221.91	530.46	4.08	-2.7	8 372.87
0+660.00	267.81	2 623.44	4.5	-12.68	8 360.19
0+670.00	223.61	2 584.73	4.03	-9.81	8 350.38

0+673.23	198.77	659.09	2.43	-0.95	8 349.43
0+680.00	121.04	1 082.97	10.2	42.78	8 392.21
0+700.00	25.33	1 463.73	106.03	1 162.26	9 554.47
0+720.00	115.69	1 410.22	5.73	1 117.56	10 672.03
0+740.00	193.3	3 089.98	0.32	60.51	10 732.54
0+759.25	124.24	3 055.84	17.13	167.97	10 900.50
0+760.00	126.14	94.28	20.02	13.99	10 914.49
0+767.90	118.25	722.81	20.24	183.99	11 098.49
0+770.00	116.28	171.69	28.07	61.54	11 160.03
0+776.56	123.47	534.2	30.03	244.87	11 404.90
0+780.00	131.48	438.24	20.75	87.29	11 492.19
0+800.00	183.62	3 150.93	14.83	355.84	11 848.03
0+820.00	226.67	4 102.88	7.74	225.74	12 073.77
0+822.08	216.07	461.09	9.36	17.81	12 091.58
0+830.00	189.92	1 037.26	4.63	80.23	12 171.81
0+840.00	239.12	1 709.52	0	32.81	12 204.62
0+844.16	263.43	970.88	0	0	12 204.62
0+850.00	250.18	1 409.13	0	0.01	12 204.62
0+860.00	177.69	1 836.78	0	0.01	12 204.63
0+866.24	150.27	704.06	33.5	151.82	12 356.45
0+879.19	149.56	1 941.25	102.09	877.84	13 234.30
0+880.00	148.21	120.74	104.05	83.59	13 317.88
0+890.00	69.38	1 356.04	115.31	663.75	13 981.63
0+900.00	54.82	667.39	121.32	707.92	14 689.55
0+900.89	55.77	50.64	122	64.75	14 754.30
0+910.00	57.68	528.89	133.33	698.61	15 452.91
0+920.00	92.18	780.79	143.14	843.83	16 296.74
0+922.60	101.95	266.17	141.46	227.01	16 523.75
0+940.00	116.86	1 903.93	91.22	2 024.59	18 548.33
0+960.00	141.57	2 584.25	88.85	1 800.64	20 348.98
0+980.00	154.36	2 959.28	104.25	1 930.98	22 279.96
0+992.37	100.5	1 576.59	108.65	1 317.03	23 596.99
1+000.00	109.41	199.82	17.17	847.67	24 444.66
1+005.87	128.21	220.23	0	67.47	24 512.13
1+010.00	124.92	186.96	0	0	24 512.13
1+019.37	122.86	420.45	0	0.01	24 512.13
1+020.00	123.12	77.49	0	0	24 512.13
1+040.00	33.85	1 569.61	0.14	1.44	24 513.57
1+049.40	7.18	192.89	0.15	1.4	24 514.97
<b>TOTAL =</b>		130807.61		24515	

Se concluye que el volumen de corte es alto (130807.61 m<sup>3</sup>), debido a que el terreno posee grandes pendiente de 30% y 50%.

El diseño de la vía “Zañe” para el barrio Florencia, tiene aspectos muy característicos al igual que en muchos casos en todo el país, se trata de mejorar los caminos vecinales ya existentes que las poblaciones han improvisado para poder comunicarse; incluyendo criterios propios de diseño en estricta relación con la normativa vigente.

La seguridad vial mejora al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño, tomando en cuenta los parámetros que están dentro de la normativa, de modo que la geometría diseñada mantiene concordancia con las características del área, tipo de transporte, puntos obligatorios de circulación, las necesidades de los usuarios de la vía y los probables usos del suelo.

El diseño geométrico técnico de un tramo del camino rural “Zañe” para el barrio Florencia, contribuir para la creación de factores de producción y comercialización en la generación de mayores ingresos y fuentes de trabajo; y, por ende, una mejora en la calidad de vida de sus habitantes y por ende contribuirá al proyecto de desarrollo rural de la ciudad de Loja.

#### **3.2.4. Metodología para tercer objetivo. - Incorporar al diseño Alcantarillas Tipo que garantice la permanencia de la vía en verano e invierno.**

Para el diseño de alcantarillas se toma en cuenta la intensidad máxima mediante el uso de la metodología del estudio de lluvias intensas publicadas por el (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015), aceptado por el MTOP. En esta publicación al país se lo ha dividido en varias zonas, para cada zona se ha establecido ecuaciones específicas en función de la duración de la lluvia. Además, en esta publicación se ha elaborado los mapas de intensidades máximas para diferentes periodos de retorno.

Las ecuaciones utilizadas para determinar la intensidad de la lluvia de diseño en mm/h son las correspondientes a la zona 17 estación meteorológica La Argelia M0033 según la publicación del (INAMHI, 2015)

Para un tiempo de duración entre 5 min < 44.17 min.

$$I_{TR} = 86.811 * Id_{TR} * t^{-0.447} \quad (43)$$

Para un tiempo de duración entre 44.17 min < 1440 min.

$$I_{TR} = 328.11 * Id_{TR} * t^{-0.798} \quad (44)$$

Donde:

$I_{Tr}$  = Intensidad de lluvia de diseño en mm/h.

$t$  = Tiempo de concentración en 24 horas.

$T_c$  = tiempo de concentración de la cuenca.

$I_{dTr}$  = Intensidad máxima diarias en mm/h.

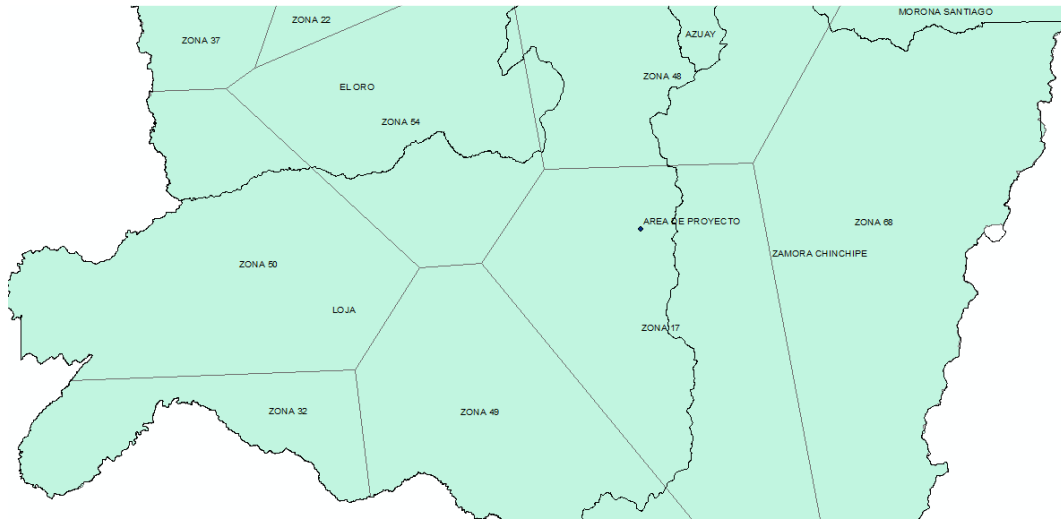
El valor del  $I_{dTr}$  se lo puede obtener del Mapa No 61, intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 50 años elaborado por el INAMHI, o a su vez coger el valor de la tabla N°3 correspondiente a la estación de la Argelia de la ciudad de Loja, cuyo valor es 2.86 mm/h

*Figura 48. Zonificación de Intensidades de Precipitación a nivel de Ecuador*



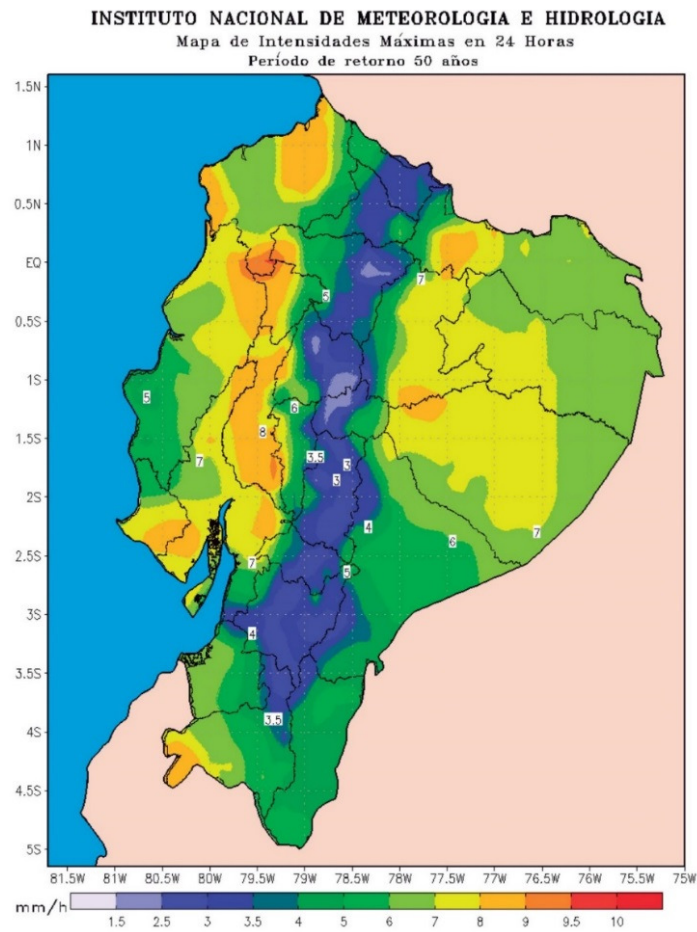
**Fuente:** INAMHI (2015)

**Figura 49.** Ubicación de proyecto en la zona correspondiente (17) (INAMHI)



Fuente: INAMHI (2015)

**Figura 50.** Mapa N°61, de intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 50 años



Fuente: INAMHI (2015)

### 3.2.4.1. Determinación del coeficiente de escorrentía (C.)

Un parámetro importante en el cálculo hidráulico de alcantarillas es el coeficiente adimensional de escorrentía (C) que expresa la relación entre el agua que se pierde por percolación en el terreno, o por evaporación y el agua precipitada sobre la superficie del terreno. El valor del coeficiente es característico de cada zona de estudio, es función de la cobertura vegetal.

La cobertura vegetal del área de aporte para los drenajes menores como las alcantarillas de la vía en estudio se encuentra degradada, lo que posibilita la poca retención del agua lluvia y más bien tiene la tendencia a las crecidas en épocas de lluvia.

*Figura 51. Foto panorámica del sector*





Tomando en cuenta lo descrito anteriormente se determinó los valores del coeficiente de ponderación K, para finalmente establecer el valor del coeficiente de escorrentía C de acuerdo a la tabla 37

**Cuadro 37.** Valores de coeficiente de ponderación (K) y coeficiente de escorrentía (C)

	VALORES DE K			
1. Relieve del terreno.	40 Muy accidentado pendientes superiores al 30%	30 Accidentado pendiente entre el 10% y 30%	20 Ondulado pendiente entre el 5% y 10%	10 Llano pendiente inferiores al 5%
2. Permeabilidad del suelo.	20 Muy impermeable Roca.	15 Bastante impermeable Arcilla	10 Bastante permeable normal.	5 Muy permeable arena.
3. Vegetación	20 Ninguna	15 Poca menos del 10% de la superficie.	10 Bastante Hasta el 50% de la superficie	5 Mucha Hasta el 90% de la superficie.
4. Capacidad de almacenaje de agua.	20 Ninguna	15 Poca	10 Bastante	5 Mucha
Valor de K comprendido entre:	75-100	50-75	30-50	25-30
Valor de C.	0.65-0.80	0.50-0.65	0.35-0.50	0.20-0.35

Fuente: Drenaje vial superficial y subterráneo. (Lemos Rodrigo, p. 20)

**Cuadro 38.** Valores Calculados de coeficiente de ponderación

Tipo de cobertura / Zona.	K
Relieve del terreno.	40
Permeabilidad del suelo.	15
Vegetación	15
Capacidad de almacenaje de agua.	15
SUMATORIA	85

Como la sumatoria de K es de 85, de acuerdo a la tabla el valor de C está entre 0.65 y 0.80. Se asume un valor aproximado de, 0.75.

### 3.2.4.2. Caudales de diseño para las alcantarillas.

De acuerdo a los tratados de hidrología y con las recomendaciones dadas por las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MOP, 2003), respecto del Drenaje Vial, para el presente estudio y en razón de tener áreas de aporte catalogadas como "pequeñas" menores a 400 ha, se utiliza para el cálculo del caudal máximo de alcantarillas la fórmula del método racional que se indica a continuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (45)$$

Donde:

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

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad, mm/h

A = Área de la cuenca, ha.

### 3.2.4.3. Tiempo de concentración.

Debido a la limitada información existente se recomienda tomar el tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración, considerando que en ese lapso se produce la mayor aportación de la cuenca al cauce. Para el cálculo del tiempo de concentración existen varias expresiones empíricas, siendo la más utilizada la fórmula de Rowe

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (46)$$

Donde:

TC = El tiempo de concentración, en min.

L = La longitud del cauce principal, en m.

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

Ecuación. Dirección General de Carreteras

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76} \quad (47)$$

Donde:

tc= tiempo de concentración (horas)

J= pendiente media del cauce principal (H/L)

H= diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

L= longitud del cauce principal (km)

Ecuación, Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S}+1.5*L}{0.8\sqrt{H}} \implies \text{siempre que } L/3.600 \geq t_c \geq (L/3.600 + 1,5) \quad (48)$$

Donde:

$t_c$ = tiempo de concentración (horas)

S= área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L= longitud del cauce principal (km)

$i$ = elevación media de la cuenca o diferencia de nivel principal (m)

H= diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

#### **3.2.4.4. Criterios para el diseño, construcción y mantenimiento de alcantarillas.**

La cobertura mínima de relleno recomendadas sobre las estructuras transversales de drenaje es de: 0.60 m para diámetros de 1.20 m medidos desde el nivel de la cota de subrasante hasta la clave de la alcantarilla a la entrada.

Para poder efectuar el mantenimiento y limpieza necesarios durante la vida útil de las alcantarillas, el diámetro mínimo para tuberías circulares recomendado es de 1.20 m.

Para permitir el paso de material flotante, el diseño y ubicación de alcantarillas, de tal manera que el nivel máximo correspondiente al caudal de diseño nunca supere el 80% de la altura de la alcantarilla.

La entrada se ubica en el fondo del cauce natural, para encauzar el agua se deberá construir los muros de ala a manera de transiciones a la entrada y salida con su respectiva loseta y si el caso amerita un enrocado de piedra aguas abajo.

La cimentación de las alcantarillas debe ser en suelo firme para garantizar una capacidad portante adecuada. Es importante señalar que los cauces naturales donde se implantan las alcantarillas son terrenos saturados con poca capacidad portante, por lo que se recomienda realizar una reposición de suelo con material granular de río en una altura de 1.00 m por un ancho del diámetro más 0.50 m. a cada lado; y que el relleno tanto a los costados y sobre la tubería debe ser material de río para obtener la compactación deseada.

Los ejes de las alcantarillas tienen una geometría constante en toda su longitud y una sola alineación tanto horizontal como vertical y las salidas de las alcantarillas deben estar en lo posible en el cauce natural de no estar así, en obra deberá construirse disipadores de energía cuando el caso lo amerite.

Haciendo uso de las fórmulas descritas se procede a realizar la implantación del proyecto vial horizontal en la carta topográfica digitalizada en formato CAD a escala 1:50 000, para establecer áreas de aporte y pendientes de los cauces.

Los resultados del cálculo de las áreas, intensidades, tiempo de concentración promedio y caudales de diseño se obtiene con las ecuaciones antes citadas.

### 3.2.4.5. Calculo del caudal para la alcantarilla

#### Ecuación. Dirección General de Carreteras

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Donde:

tc= tiempo de concentración (horas)

J= pendiente media del cauce principal (H/L)

H= diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

L= longitud del cauce principal (km)

$$T_{c1} = 0.3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

$$T_{c1} = 0.3 \left( \frac{0.17}{0.4558^{1/4}} \right)^{0.76}$$

$$T_{c1} = 0.09 h \cong 5.44 \text{ min}$$

#### Ecuación, Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8\sqrt{H}} \implies \text{siempre que } L/3.600 \geq tc \geq (L/3.600 + 1,5)$$

Donde:

tc= tiempo de concentración (horas)

S= área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L= longitud del cauce principal (km)

i= elevación media de la cuenca o diferencia de nivel principal (m)

H= diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

$$T_{c2} = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8\sqrt{H}}$$

$$T_{c2} = \frac{4\sqrt{0.011} + 1.5 * 0.17}{0.8\sqrt{78.41}}$$

$$T_{c2} = \frac{4 * (0.1048) + 1.5 * 0.17}{0.8 * 8.8549}$$

$$T_{c2} = \frac{0.6742}{7.0839}$$

$$T_{c2} = 0.095 h \cong 5.71 min$$

**Saco un promedio de los dos Tiempos de concentración.**

$$T_{cp} = (T_{c1} + T_{c2})/2$$

$$T_c = (5.44 min + 5.71 min)/2$$

$$T_c = 5.58 min$$

**Ecuación para un tiempo de duración entre 5 min < 44.17 min.**

$$T_{TR} = 86.811 * Id_{TR} * T_c^{-0.447}$$

Donde:

$T_{TR}$  = Intensidad de lluvia de diseño en mm/h.

t = Tiempo de concentración en 24 horas.

Tc = tiempo de concentración de la cuenca.

$Id_{TR}$  = Intensidad máxima diarias en mm/h. esto se determina del inamhi.

$$T_{TR} = 86.811 * Id_{TR} * t^{-0.447}$$

$$T_{TR} = 86.811 * 2.86 * (5.58)^{-0.447}$$

$$T_{TR} = 86.811 * 2.86 * (5.58)^{-0.447}$$

$$T_{TR} = 115.1318 \text{ mm/h}$$

### Calculo del caudal por el método racional

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

Donde:

Q = El caudal máximo probable, en m<sup>3</sup>/seg.

C = El coeficiente de escorrentía

I = La intensidad de la precipitación, en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración.

A = El área de la cuenca, en Ha

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

$$Q = \frac{0.75 * 115.1318 * 1.10}{360}$$

$$Q = 0.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.2.4.6. Calculo del diámetro de la tubería

$$Q = \left(\frac{K}{n}\right) D^{8/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal, m<sup>3</sup>/s

K = Coeficiente para conductos circulares, criterio Y/D

n = Coeficiente de Manning

D = Diámetro del conducto en, m

S = Pendiente de la línea de carga, m/m

Y/D es la relación entre el calado y el diámetro.

**Cuadro 39.** Valor de Coeficiente para conductos circulares “K”

Y/D	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	-	0.000047	0.00021	0.00050	0.00093	0.00150	0.00221	0.00306	0.00407	0.00521
0.1	0.00651	0.00795	0.00953	0.0113	0.0131	0.0152	0.0173	0.0196	0.0220	0.0246
0.2	0.0273	0.0301	0.0331	0.0362	0.0394	0.0427	0.0461	0.0497	0.0534	0.0572
0.3	0.0610	0.0650	0.0691	0.0733	0.0776	0.0820	0.0864	0.0910	0.0956	0.1003
0.4	0.1050	0.1099	0.1148	0.1197	0.1248	0.1298	0.1349	0.1401	0.1453	0.1506
0.5	0.156	0.161	0.166	0.172	0.177	0.183	0.188	0.193	0.199	0.204
0.6	0.209	0.215	0.220	0.225	0.231	0.236	0.241	0.246	0.251	0.256
0.7	0.261	0.266	0.271	0.275	0.280	0.284	0.289	0.293	0.297	0.301
0.8	0.305	0.308	0.312	0.315	0.318	0.321	0.324	0.326	0.329	0.331
0.9	0.332	0.334	0.335	0.335	0.335	0.335	0.334	0.332	0.329	0.325
1.0	0.0312	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente:** Noguera, J. B. (2004). Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.

$$Q = \left(\frac{K}{n}\right) D^{8/3} S^{1/2}$$

$$Q = \left(\frac{K}{n}\right) D^{8/3} S^{1/2}$$

$$D = \left(\frac{Q * n}{K * S^{0.5}}\right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{Q * n}{K * S^{0.5}}\right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{0.26 * 0.022}{0.305 * 0.01^{0.5}}\right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{0.43 * 0.022}{0.305 * 0.01^{0.5}}\right)^{3/8}$$

$$D = 0.53 \text{ m}$$

$$D = 0.60 \text{ m}$$

Como sale un diámetro de tubería de 0.60 m, se adopta el diámetro aceptado como mínimo en el MTOP, 1.20 m.

**Cuadro 40.** Cálculo de tiempo de concentración y caudal de diseño para las alcantarillas del camino rural.

ALCANT. Nº	Area de drenaje		Longitud cauce Km	Abscisa de ubicación m	Cotas Puntos de carta IGM.		Desnivel (m)	Pendiente cauce %	Tiempo de concentración (min)			tc PROMEDIO min	ldtr (mm/h)	$T_{TR}$ (mm/h)	C	CAUDAL METODO RACIONAL m3/s	Diametro calculado (m)
	Km²	Has			P. más alto	P. de interés			ecu. IX.6	ecu. 4.2.9	ecu. 4.2.8						
1	0.011	1.10	0.17	0+060.00	2186.00	2107.59	78.41	45.59	1.37	5.44	5.71	5.58	2.860	115.13	0.75	0.26	0.5
2	0.019	1.91	0.26	0+190.00	2235.00	2122.24	112.76	43.52	1.95	7.57	6.65	7.11	2.860	103.31	0.75	0.41	0.6
3	0.004	0.36	0.09	0+250.00	2155.00	2116.40	38.60	45.41	0.86	3.35	4.68	4.02	2.860	309.18	0.75	0.23	0.5
4	0.016	1.63	0.20	0+360.00	2235.00	2146.65	88.35	43.39	1.58	6.21	6.43	6.32	2.860	108.90	0.75	0.37	0.6
5	0.011	1.08	0.17	0+510.00	2235.00	2163.98	71.02	42.74	1.42	5.50	6.00	5.75	2.860	113.60	0.75	0.26	0.5
6	0.023	2.28	0.33	0+590.00	2245.00	2165.91	79.09	24.25	2.94	10.14	9.29	9.72	2.860	89.84	0.75	0.43	0.6
7	0.008	0.78	0.13	0+780.00	2235.00	2195.99	39.01	31.03	1.32	4.77	6.64	5.70	2.860	114.04	0.75	0.19	0.5
8	0.023	2.35	0.22	0+890.00	2244.00	2213.15	30.85	14.07	2.64	8.27	12.65	10.46	2.860	86.94	0.75	0.43	0.6

**Cuadro 41.** Cálculos de la velocidad y tipo de flujo en el software Hcanales

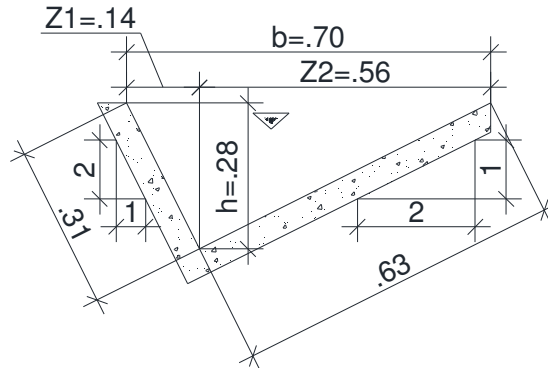
TRAMO	S	Q	Ø Int.	N	Y	Y/Ø	A h	Pm	R h	T	V	F	E	Flujo	Tipo de Tubería Propuesta
	(m/m)	(m³/s)	M		(m)	Int.	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)		(m·kg/kg)		
0 + 060.00	0.01	0.26	1.2	0.022	0.2722	22.68%	0.1927	1.1914	0.1617	1.005	1.3493	0.984	0.365	Subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 190.00	0.01	0.41	1.2	0.022	0.3427	28.56%	0.2665	1.3531	0.1969	1.084	1.5386	0.991	0.4634	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 250.00	0.01	0.23	1.2	0.022	0.2561	21.34%	0.1767	1.1525	0.1533	0.983	1.3019	0.981	0.3425	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 360.00	0.01	0.37	1.2	0.022	0.3252	27.10%	0.2476	1.314	0.1885	1.067	1.4941	0.990	0.439	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 510.00	0.01	0.26	1.2	0.022	0.2722	22.68%	0.1927	1.1914	0.1617	1.005	1.3493	0.984	0.365	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 590.00	0.01	0.43	1.2	0.022	0.3512	29.27%	0.2757	1.3719	0.201	1.092	1.5596	0.991	0.4752	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 780.00	0.01	0.19	1.2	0.022	0.233	19.42%	0.1543	1.0952	0.1409	0.949	1.231	0.975	0.3102	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674
0 + 890.00	0.01	0.43	1.2	0.022	0.3512	29.27%	0.2757	1.3719	0.201	1.092	1.5596	0.991	0.4752	subcrítico	TUBO ARMCO: NTE INEN 1674



### 3.2.4.7. Cálculo y diseño de cuneta

Las dimensiones asumidas se detallan en la siguiente figura.

*Figura 52. Sección transversal de la cuneta*



#### Utilizando la fórmula de Manning

El diseño de las cunetas se basa en el principio de canales abiertos, en un flujo uniforme, aplicando la fórmula de Manning y de la ecuación de la continuidad.

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

$$Q = A * V$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:

V= velocidad en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

J= pendiente hidráulica en %

Q= Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s

A= Área de la sección en m<sup>2</sup>

P= Perímetro mojado en m

R= Radio hidráulico en m

## Coefficientes de rugosidad de Manning para canales abiertos

Cuadro 42. Coeficientes de rugosidad de Manning

TIPO DE RECUBRIMIENTO	n
Tierra lisa	0.020 – 0.022
Césped con más de 15 cm de profundidad de agua	0.040
Césped con menos de 15 cm de profundidad de agua	0.060
Revestimiento rugoso de piedra	0.040
Cunetas revestidas con hormigón	0.016

Considerando que las cunetas van a trabajar a sección llena:

$$Am = \frac{b * h}{2}$$

$$Am = \frac{0.78 * 0.31}{2}$$

$$Am = \mathbf{0.121 \text{ m}^2}$$

Perímetro mojado será:

$$Pm = \sqrt{(0.16)^2 + (0.31)^2} + \sqrt{(0.62)^2 + (0.31)^2}$$

$$Pm = \mathbf{1.04 \text{ m}}$$

Determinamos el radio hidráulico:

$$R_H = \frac{Am}{Pm}$$

$$R_H = \frac{0.12\text{m}^2}{1.04\text{m}}$$

$$R_H = \mathbf{0.116 \text{ m}}$$

La velocidad se obtendrá así:

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

$$V = \frac{1}{0.022} * 0.116^{2/3} * J^{1/2}$$

$$V = \mathbf{10.81 * J^{1/2}}$$

Reemplazando en la ecuación de la continuidad tenemos:

$$Q = A * V$$

$$Q = 0.12 \text{ m}^2 * 10.81 * J^{1/2}$$

$$Q = 1.307 * J^{1/2}$$

En el siguiente cuadro se presentan caudales y velocidades permisibles para los distintos valores de pendiente.

**Cuadro 43. Cálculo del caudal de diseño de las cunetas**

CUNETAS Nº	Abscisa de alcantarilla m	Pendiente de la cuneta %	Distancia entre alcantarilla m	Semiancho de la vía, (B) m	Area de calzada m <sup>2</sup>	Area tributaria (AT) m <sup>2</sup>	Area total de aporte Ha	Tc min	I <sub>dTR</sub> mm/h	T <sub>TR</sub> mm/h	C	Q = $\frac{C * I * A}{360}$ m <sup>3</sup> /s	Q <sub>dmax</sub> l/s	Dimensiones de la cuneta (Triangular) (m)		Area m <sup>2</sup>	Perimetro mojado m	Rh = $\frac{Am}{Pm}$ m	V = $\frac{1}{n} * R^{2/3} * J^{1/2}$ m/s	Q = A * V	
														b	h					m <sup>3</sup> /s	l/s
1	0+000.00	6.5%	60.0	3	180	1800	0.20	5.58	2.860	115.13	0.75	0.047	47.5	0.7	0.28	0.10	0.94	0.104	2.57	0.25	252
2	0+060.00	13.0%	130.0	3	390	3900	0.43	5.58	2.860	115.13	0.75	0.103	102.9						3.63	0.36	356
3	0+190.00	6.5%	60.0	3	180	1800	0.20	5.58	2.860	115.13	0.75	0.047	47.5						2.57	0.25	252
4	0+250.00	14.5%	110.0	3	330	3300	0.36	5.58	2.860	115.13	0.75	0.087	87.1						3.84	0.38	376
5	0+360.00	14.5%	150.0	3	450	4500	0.50	5.58	2.860	115.13	0.75	0.119	118.7						3.84	0.38	376
6	0+510.00	14.5%	80.0	3	240	2400	0.26	5.58	2.860	115.13	0.75	0.063	63.3						3.84	0.38	376
7	0+590.00	12.0%	190.0	3	570	5700	0.63	5.58	2.860	115.13	0.75	0.150	150.4						3.49	0.34	342
8	0+780.00	12.0%	110.0	3	330	3300	0.36	5.58	2.860	115.13	0.75	0.087	87.1						3.49	0.34	342
9	1+049.40	13.0%	159.0	3	477	4770	0.52	5.58	2.860	115.13	0.75	0.126	125.9						3.63	0.36	356

**Utilizando la fórmula racional.**

Utilizando la fórmula del método racional para determinar el caudal que circula por la cuneta tenemos:

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

$$Q = \frac{0.75 * 115.13 * 0.20}{360}$$

$$Q_{max} = 0.047 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{adm} = 0.38 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Para una pendiente de 14.5 \%, segun la cuadro 43)}$$

$$Q_{adm} > Q_{max}$$

$$\mathbf{0.38 \text{ m}^3/\text{s} > 0.047 \text{ m}^3/\text{s} \quad \mathbf{OK}}$$

La sección de la cuneta en el caso más crítico No trabajará a sección llena.

Debido a que el caudal admisible es mayor que el caudal máximo esperado, el diseño es satisfactorio.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Resultados de la aplicación del método de encuesta para validar el estudio u diseño geométrico de la vía del barrio Florencia.

#### **Eje social:**

La comunidad del barrio Florencia está formada por 80 personas, de las cuales 26 son menores de 20 años. Esto indica que es un barrio con alta tasa de natalidad in situ.

La totalidad de las viviendas en el barrio Florencia disponen de los servicios de: luz eléctrica, Agua entubada y en un 76% letrinización.

No cuentan con vía de acceso condición que los mantiene aislados de los centros de desarrollo local.

#### **Eje económico:**

26,25 % estudian, 31,25% trabajan y 42,5% agricultura y ganadería.

Hay 6 vehículos en la comunidad por tanto se ve que son de economía media baja

Al momento de la encuesta la comunidad cuenta con: 490 aves y 100 bovinos, evidencia el potencial que tiene en la cría de animales y la importancia de una vía expedita para fortalecer esta actividad.

La totalidad de los habitantes del Barrio Florencia se dedican a la agricultura, siendo el cultivo de maíz y frejol el que predomina seguido por los sembríos de hortalizas que venden en los mercados de la ciudad de Loja, cabe indicar que la venta de sus productos se dificulta por la falta de una vía que permita el tránsito vehicular tanto en verano como en época de invierno, desde y hacia los centros de comercialización.

La intensidad de las lluvias en el sector es suave, condición climática que favorece a la estabilidad de taludes en la zona, por lo que los deslizamientos naturales se producen excepcionalmente.

Al relacionar los ejes Económico y Social presente en la población y la bondad del clima y estabilidad del terreno se infiere en la real necesidad del diseño geométrico del tramo de vía “Zañe” para el barrio Florencia

## **4.2. Resultados del estudio y diseño geométrico de la vía del barrio Florencia.**

### **4.2.1. Resultados del ensayo de granulometría y límites de Atterberg para la clasificación del suelo según la AASHTO.**

#### **Calicata 1**

**Profundidad 0.00 m a 5.00 m**

**SUELOS GRANULARES:            Grupo A-1:            Subgrupo A-1-a, A-1-b**

**Subgrupo A-1-b:** Son materiales formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

#### **Calicata 2**

**Profundidad 0.00 m a 2.50 m**

**SUELOS GRANULARES:            Grupo A-1:            Subgrupo A-1-a, A-1-b**

**Subgrupo A-1-b:** Son materiales formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

#### **Calicata 3**

**Profundidad 0.00 m a 1.00 m**

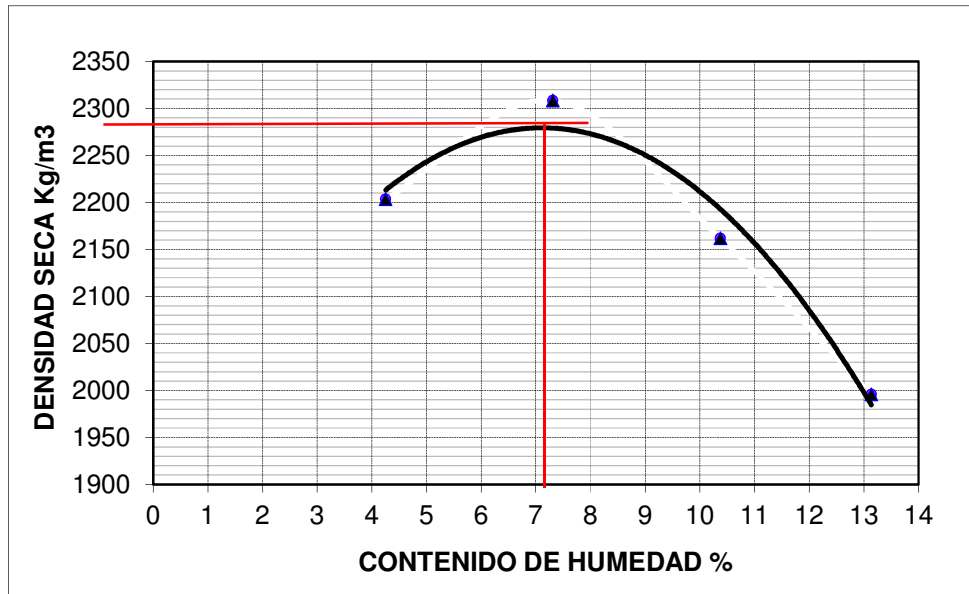
**SUELOS FINOS:                    GRUPOS: A-4, A-5, A-6, A-7**

**Grupo A-4:** Son suelos limosos poco o nada plásticos, que tiene un 75 % o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena en un 64 %.

### **4.2.2. Resultado del ensayo de compactación (Proctor)**

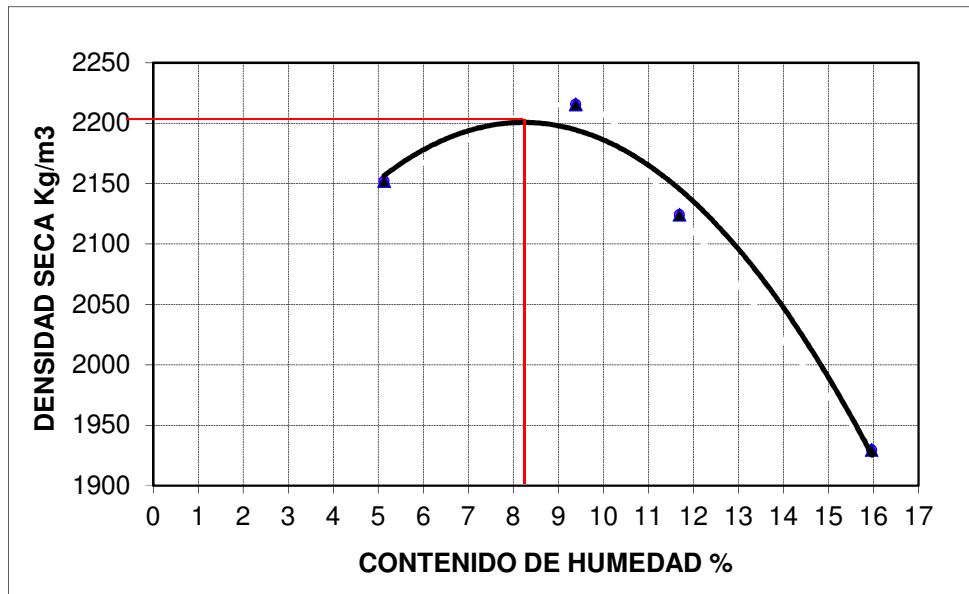
La curva determina las coordenadas del punto donde se encuentra: la densidad seca máxima y el porcentaje de humedad óptimo.

Figura 53. Curva de compactación



**RESULTADOS**  
 calicata 1:      **DENSIDAD SECA MAXIMA =**      **2 282 Kg/m3**  
                          **CONT. DE AGUA OPTIMO =**      **7.20 %**

Figura 54. Curva de compactación



**DATOS DE:**      **DENSIDAD SECA MAXIMA =**      **2 200 Kg/m3**  
                          **CONT. DE AGUA OPTIMO =**      **8.60 %**

Al correlacionar los datos de la calicata 1 con los de la calicata 2 podemos asegurar que el suelo mantiene las mismas características de densidad y humedad en los estratos

más profundos garantizando la calidad y estabilidad de la vía que se diseña en la presente investigación.

#### **4.2.3. Resultados del diseño de la vía**

- La velocidad de diseño es de 25 km/h debido a la topografía del terreno que es de tipo montañoso de acuerdo al MTOP, 2003
- El radio de giro el mínimo es de 15 m que si cumple con la norma.
- El bombeo para la calzada es del 2 %
- La pendiente máxima de la subrasante, es del 15 %.

#### **4.3. Resultados para el diseño de alcantarillas tipo que garantiza la permanencia de la vía en verano e invierno**

Una vez realizado los cálculos sale un caudal máximo de 0.43 m<sup>3</sup>/s para el diseño de alcantarillas que da un diámetro de 0.60 m, pero de acuerdo al MTOP se adopta un diámetro de mínimo 1.20 m.

El diseño técnico incluye un diseño de alcantarillas tipo, que remediará las inundaciones que destruyen gran parte de los cultivos provocando graves pérdidas económicas para la comunidad.



## 5. CONCLUSIONES

- En el análisis socio-económico de la encuesta del barrio Florencia de la parroquia El Valle, se detecta una gran limitación en la producción y comercialización de productos agrícolas, avícolas y ganaderos lo cual no les ha permitido mejorar y crear nuevas actividades económicas debido a la inaccesibilidad de la vía hasta la comunidad; la ejecución del presente diseño de un tramo de la vía estimulará la creación de factores de producción y demanda de productos agrícolas como: maíz, frejol y hortalizas, cultivos que generaran fuentes de trabajo y mayores ingresos en la zona; mejorando la calidad de vida de los miembros de esta comunidad.
- El estudio y diseño geométrico técnicamente realizado utilizando el método científico-experimental, se tomó muestras de suelos, del eje de la vía para realizar ensayos como: granulometría, límites de Atterberg, y compactación, obteniéndose los parámetros técnicos necesarios para realizar el diseño geométrico, que contribuirá en el desarrollo rural y urbano de la ciudad de Loja.
- Para el diseño de alcantarillas se utilizará un diámetro de tubería 1.20 m, aceptado por el MTOP. Para poder realizar el mantenimiento y limpieza necesaria durante la vida útil de las alcantarillas.

## 6. RECOMENDACIONES

- A las autoridades del cantón Loja, tomar en cuenta este tipo de estudios realizados por pasantes de pregrado de la Universidad Nacional de Loja. Para que contribuyan al desarrollo rural con propuestas y diseños para obras de infraestructura que requieren las comunidades. Esta forma de actuar genera a corto plazo oportunidades y mejora las condiciones socio-económicas del sector rural.
- Que el diseño geométrico de la vía “Zañe” sea utilizado como una herramienta de negociación por parte de los representantes de la directiva del barrio Florencia frente a los directivos de las diferentes instituciones locales de desarrollo como el GAD–Loja, GP-Loja, para que acepten la propuesta, realicen observaciones, y lo financien, para lograr así desarrollo del barrio rural Florencia.
- Mantener el diámetro de las alcantarillas de acuerdo a la norma “MTOPI”, mismo que garantizará una correcta limpieza y mantenimiento de las obras de drenaje.
- El sistema de recolección de aguas lluvias de la vía se debe hacer por medio de cunetas longitudinales a cada alcantarilla para que no existan socavaciones en la calzada durante las temporadas de invierno.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Andrés, B. N. (2013). CONDICIONES DE LAS VÍAS CENTRALES. Ambato, Ecuador.
- Cuenca, J. O. (2014). Determinantes de la migración interna en Ecuador (1980-2010): un análisis de datos de panel. Loja.
- GAD Municipal Loja. (2015). Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/node/161>
- Geométrico, N. d. (2003). MTOP.
- González, L. (s.f. de s.f. de s.f.). NOCIONES SOBRE TRAZADO DE CARRETERAS. Obtenido de Vías de Comunicación: <http://viasunefa.blogspot.com/2009/10/nociones-sobre-trazado-de-carreteras-en.html>
- Gordon Keller, P. (2004). Ingeniería de Caminos Rurales. México: US Agency for International Development (USAID).
- GRISALES, J. C. (2002). DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS . BOGOTÁ, D.C.: PRIMERA EDICIÓN.
- INAMHI. (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intencidades máximas de precipitación. Quito - Ecuador.
- Ingeniero, J. M. (967). Caminos Rurales. Madrid: Ministerio de Agricultura.
- MTOP. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Ecuador .
- NORMAS DEL ECUADOR. (2003). ECUADOR.
- OSPINA, J. J. (2002). DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS . COLOMBIA.
- Rivera, J. I. (2013). ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA. EL SALVADOR.
- Rivera, M. M. (s.f.). DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA. Guayaquil.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Tabulación de encuestas

Preguntas	1			2			4		5		
No	Número de familia por sexo			Que actividades realizan			Tiene vehículo la familia		Cría animal		
				Estudian	Trabajan fuera de la casa	Agricultura y Ganadería	Si	No	Bovinos	Aves	Total
	Hombres	Mujeres	Total								
1		1	1			1		X	10	15	25
2		1	1			1		X	5	5	10
3		1	1			1		X	5	6	11
4	1		1			1		X	5	10	15
5	1	2	3	1	1	1		X	15	16	31
6	4	2	6	1	4	1		X	2	1	3
7	1	1	2			2		X	16	20	36
8	1	1	2		1	1		X	1	20	21
9	2	2	4	2	1	1		X		20	20
10	1	2	3		1	2	X			20	20
11	4	3	7	2	4	1		X	3	20	23
12	1	1	2		1	1		X	1	25	26
13	1		1			1		X	2	22	24
14	1	1	2	1		1		X	2	17	19
15	2	2	4	1	1	2		X	4	30	34
16	1	2	3		1	2		X	3	25	28
17	1	2	3	1	1	1		X	5	10	15
18	3	2	5	2	1	2		X	4	25	29
19	3	2	5	2	1	2		X		15	15

20	1	2	3	1	1	1	X		3	18	21
21	5	3	8	4	2	2	X		5	45	50
22	1	1	2		1	1	X		4	25	29
23	1		1			1	X			42	42
24	1		1			1	X		2	8	10
25	5	4	9	3	3	3		X	3	30	33
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>80</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>490</b>	<b>590</b>
<b>Observaciones:</b>											

No	6								7					9				
	Servicios básicos								Uso del suelo					Destino de la producción agrícola		Las lluvias en el sector en relación a su intensidad son:		
	Luz Eléctrica		Agua entubada		Letrinas		Vía de acceso		Áreas de Cultivos (Ha)									
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Maíz y Frejol	Tomate Riñón	Tomate Árbol	Hortalizas	Total	Parte para la alimentación de la familia y parte le vende	La vende toda	Fuertes	Medias	Suaves
1	X		X		X		X	0.17			0.045	0.215		X			X	
2	X		X		X		X	0.185			0.065	0.25		X			X	
3	X		X		X		X	0.09			0.095	0.185	X				X	
4	X		X		X		X	0.27			0.55	0.82	X				X	
5	X		X		X		X	0.05			0.5	0.55	X				X	
6	X		X		X		X	0.05			0.245	0.295	X			X		
7	X		X		X		X	0.28			0.364	0.644	X				X	
8	X		X		X		X	0.144			0.135	0.279	X			X		
9	X		X		X		X	0.3665		0.0225	0.022	0.411	X			X		
10	X		X		X		X	0.205			0	0.205	X			X		
11	X		X		X		X	0.04			0.098	0.138	X				X	
12	X		X		X		X	0.04			0	0.04	X		X			
13	X		X		X		X	0.138		0.035	0.267	0.44		X	X			
14	X		X		X		X	0			0.042	0.042	X		X			
15	X		X		X		X	0.04			0.213	0.253	X				X	
16	X		X		X		X	0.04			0.136	0.176	X				X	
17	X		X		X		X	0.429			0	0.429	X				X	
18	X		X		X		X	0.286			0.303	0.589	X			X		
19	X		X		X		X	0.221			0.107	0.328	X				X	
20	X		X		X		X	1.222			0.168	1.39	X				X	
21	X		X		X		X	1.232			0.374	1.606	X			X		
22	X		X		X		X	0.064			0.035	0.099	X				X	
23	X		X		X		X	0.213			0.22	0.433		X			X	
24	X		X		X		X	0.048			0.356	0.404		X			X	
25	X		X		X		X	0.5			0.6	1.1	X				X	
Total	25	0	25	0	6	19	0	25	6.32	0	0.0575	4.94	11.321	20	5	3	6	16

**Observaciones:**

**Fuente:** El investigador

## *Anexo 2. Normas de diseño geométrico*





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	M																											
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(2)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(2)</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>(2)</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	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110																														
Peralte	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.)						8% (Para V < 50 K.P.H.)																																			
Coefficiente "K" para: <sup>(3)</sup>																																																												
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	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																														
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> máxima (%)	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> mínima (%)	0,5%																																																											
Ancho de pavimento (m)	7,3						7,3						7,0						6,70						6,70						6,00						6,00						4,00 <sup>(5)</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	0,60 (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 (C.V. Tipo 5 y SE)						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 SE)												---											
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																																											
Puentes	Carga de diseño																																																											
	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																																											
	ANCHO DE LA CALZADA (m)																																																											
SERÁ 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. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																																												
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																																												

- 1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario 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 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- 2) Longitud de las curvas verticales:  $L = K A$ , en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales:  $L_{min} = 0,60 V$ , en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- 3) 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 750 m.
- 4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- 5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- 6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- 7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- 9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar  $V_0 = 20 \text{ Km/h}$  y  $R = 15 \text{ m}$  siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán 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.



Anexo 3. Detalle de levantamiento topográfico

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</b> <b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>			
No.	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESC.
1	9566455.5	697370.877	2183.31	e1
2	9566299.64	697440.402	2208.529	e3
3	9566210.46	697549.246	2224.944	e2inicio
4	9566204.6	697548.914	2222.287	d
5	9566212.12	697546.371	2225.258	d
6	9566214.46	697541.586	2226.469	d
7	9566199.99	697548.563	2220.522	d
8	9566196.86	697549.014	2218.814	d
9	9566196.07	697541.985	2219.586	d
10	9566192.38	697537.605	2218.805	d
11	9566200.01	697535.728	2222.807	d
12	9566206.3	697535.078	2225.235	d
13	9566211.92	697532.472	2227.966	d
14	9566212.97	697525.118	2228.533	d
15	9566215.98	697517.777	2228.136	d
16	9566209.85	697517.686	2226.806	d
17	9566204.45	697528.766	2226.581	d
18	9566196.05	697524.7	2222.314	d
19	9566188.65	697522.285	2220.613	d
20	9566189.3	697528.934	2217.739	d
21	9566183.02	697515.962	2216.694	d
22	9566190.33	697503.215	2216.866	d
23	9566197.6	697507.695	2220.061	d
24	9566199.65	697511.525	2220.888	d
25	9566201.97	697513.512	2222.827	d
26	9566211.99	697510.417	2225.727	d
27	9566220.67	697511.042	2230.469	d
28	9566218.17	697506.199	2227.2	d
29	9566218.13	697506.246	2227.152	d
30	9566216.27	697503.476	2225.72	d
31	9566211.5	697497.861	2221.1	d
32	9566218.33	697496.3	2219.869	d
33	9566212.77	697491.263	2215.051	d
34	9566205.23	697494.06	2216.428	d

## *Anexo 4. Resultados de análisis de suelos*

Calicatas

### **CALICATA NO. 1**

#### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Límite líquido
- Límite plástico
- Clasificación del suelo según la AASHTO

### **CALICATA NO. 2**

#### **ENSAYOS:**

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Límite líquido
- Límite plástico
- Clasificación del suelo según la AASHTO

### **CALICATA NO. 3**

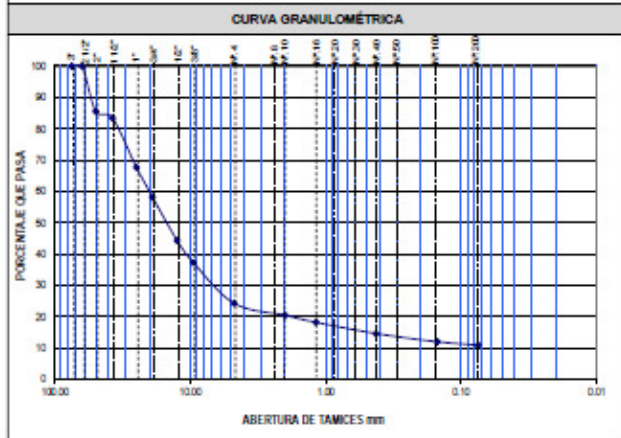
#### **ENSAYOS:**

- Análís granulométrico
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Limite liquido
- Limite plástico
- Clasificación del suelo según la AASHTO



<b>PROYECTO</b>	DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL "ZAHÑE" UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA		
<b>MUESTRA</b>	Calicata 1; Profundidad: 0,00 m a 5,00 m ( 0-020    X = 697197.807    Y = 9566240 )		<b>FECHA</b>
<b>ENSAYO POR</b>	EGDO. JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	<b>UBICACIÓN</b>	BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN LOJA      22 de mayo de 2017

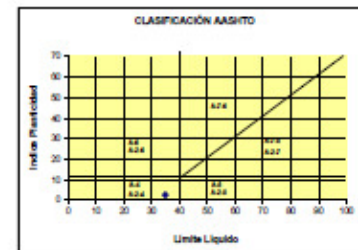
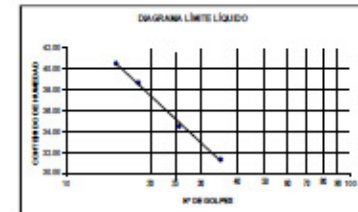
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MCR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
85	3 1/2"	0	0	100	
50	2"	853	14	86	
37.5	1 1/2"	740	17	83	
20	1"	1480	33	67	
15	3/4"	1886	42	58	
12.5	1/2"	2512	58	42	
9.5	3/8"	2829	63	37	
4.75	Nº.4	3417	76	24	
Pasa Nº.4		1062	24	76	
2.000	Nº.8				
2.000	Nº.10	32	4	20	
1.180	Nº.16	51	8	15	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	81	10	15	
0.300	Nº.60				
0.150	Nº.100	103	12	12	
0.075	Nº.200	112	13	10.9	
Pasa Nº.200		91	10.9		
<b>TOTAL</b>		<b>4688</b>			
Peso Total de Levado:		203.00			
Peso Total después de Levado:		112.00			



CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO CAP. + SUELO HUM.	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO DE CÁPSULA	CONTENIDO DE HUMEDAD
84.15	80.95	17.01	5.00

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
PESO CÁPSULA	25.00	24.80	24.70	24.80
PESO DE CÁPSULA + SUELO HUMEDO	30.90	30.90	32.30	33.60
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	29.20	29.20	30.35	31.50
Nº DE GOLPES	15	18	25	35
PROMEDIO	34.85			
LÍMITE PLÁSTICO				
PESO CÁPSULA	24.60	24.60	24.60	24.60
PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO	28.70	28.70	28.70	28.70
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	27.70	27.70	27.70	27.70
PROMEDIO	32.26			

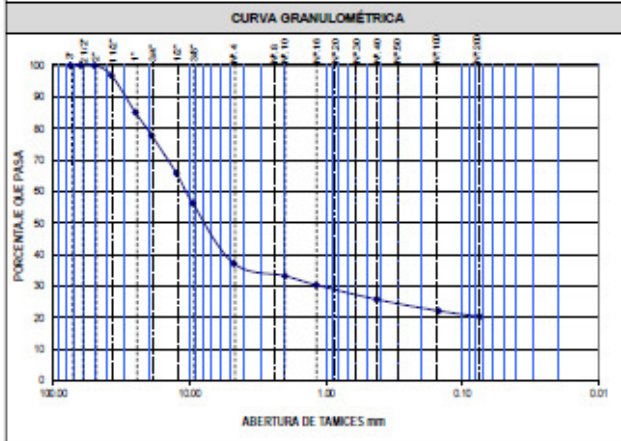
CLASIFICACIÓN	
Índice de Plasticidad	2.59
D10 (diámetro efectivo)	
D30	5.60
D60	21
Coefficiente de Uniformidad	
Grado de Curvatura	
Índice de Grupo	0
Clasificación S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM
Clasificación AASHTO	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena





<b>PROYECTO</b>	DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL "ZAÑE" UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA.		
<b>MUESTRA</b>	Calicata 2; Profundidad: 0,00 m a 2,50 m ( 0-340	X = 697310.262	Y = 9566415.444 )
<b>ENSAYO POR</b>	EGDO. JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	<b>UBICACIÓN</b>	BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN LOJA
			<b>FECHA</b> 22 de mayo de 2017

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
mm	TAMIZ	PESO RETENIDO AGREGADO (gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
85	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	21	3	97	
25	1"	350	15	85	
19	3/4"	554	22	78	
12.5	1/2"	870	34	66	
9.5	3/8"	1112	44	56	
4.75	Nº 4	1567	63	37	
Pasa Nº 4		643	27	63	
2.36	Nº 6				
2.00	Nº 10	23	4	33	
1.18	Nº 18	40	7	30	
0.85	Nº 20				
0.60	Nº 30				
0.425	Nº 40	67	11	25	
0.30	Nº 60				
0.15	Nº 100	68	15	22	
0.075	Nº 200	95	17	20.3	
Pasa Nº 200		119	20.3		
<b>TOTAL</b>		<b>2848</b>			
Peso Total de Lavado:		215.00			
Peso Total después de Lavado:		89.00			

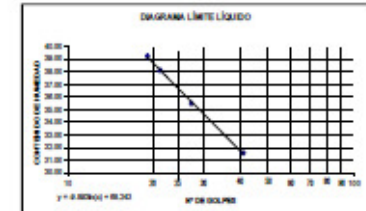


CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO CAP. + SUELO HUM.	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO DE CÁPSULA	CONTENIDO DE HUMEDAD
199.14	189.43	30.40	6.11

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
PESO CÁPSULA	24.80	24.80	24.80	26.60
PESO DE CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	31.90	30.60	33.20	31.60
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	29.90	29.00	31.00	30.40
Nº DE GOLPES	19	21	27	41
PROMEDIO	36.40			

LÍMITE PLÁSTICO			
PESO CÁPSULA	17.40	17.40	17.40
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	20.20	20.20	20.20
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	19.50	19.50	19.50
PROMEDIO	33.33		

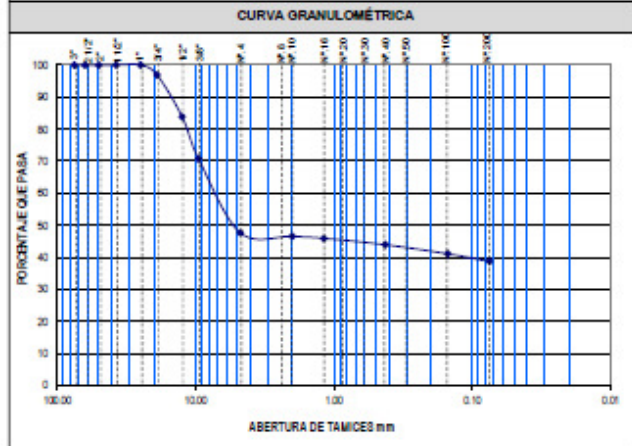
CLASIFICACIÓN	
Índice de Plasticidad	3.07
D10 (diámetro efectivo)	
D30	1.25
D60	9.26
Coefficiente de Uniformidad	
Grado de Curvatura	
Índice de Grupo	0
Clasificación S.U.C.S.	Grava limosa con arena GM
Clasificación AASHTO	A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena





PROYECTO	DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DEL CAMINO RURAL "ZAÑE" UBICADO EN EL BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, PROVINCIA DE LOJA		
MUESTRA	Calicata 3; Profundidad: 0,00 m a 1,00 m ( 0-580 X = 697352.799 Y = 9566459.510 )		FECHA
ENSAYO POR	EGOO. JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	UBICACIÓN	BARRIO FLORENCIA, PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN LOJA
			22 de mayo de 2017

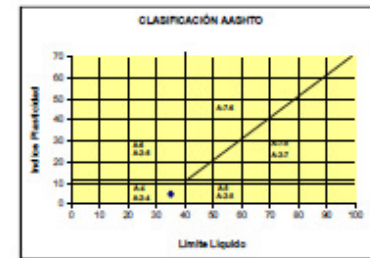
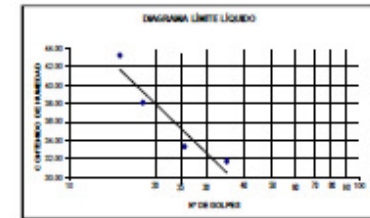
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MEOR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
45	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	07	3	97	
12.5	1/2"	290	19	84	
9.5	3/8"	540	29	71	
4.75	Nº.4	900	52	48	
	Pasa Nº.4	870	48	52	
2.300	Nº.6				
2.000	Nº.10	5	1	47	
1.180	Nº.16	8	2	48	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	17	4	44	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	30	7	41	
0.075	Nº.200	41	9	36.7	
	Pasa Nº.200	177	36.7		
	TOTAL	1844			
	Peso Total de Lavado:		216.00		
	Peso Total Después de Lavado:		41.00		



CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO CAP. + SUELO HUM.	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO DE CÁPSULA	CONTENIDO DE HUMEDAD
165.13	144.85	30.61	17.75

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
PESO CÁPSULA	42.70	43.70	43.90	40.90
PESO DE CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	48.00	49.50	49.10	46.30
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	46.40	47.90	47.80	45.00
Nº DE GOLPES	15	18	25	35
PROMEDIO	35.10			
LÍMITE PLÁSTICO				
PESO CÁPSULA	41.90	41.90	41.90	41.90
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	44.90	44.90	44.90	44.90
PESO CÁPSULA + SUELO SECO	44.20	44.20	44.20	44.20
PROMEDIO	30.43			

CLASIFICACIÓN	
Índice de Plasticidad	4.67
D10 (diámetro efectivo)	
D30	
D60	5.68
Coefficiente de Uniformidad	
Grado de Curvatura	
Índice de Grupo	1
Clasificación S.U.C.S.	Grava limosa GM
Clasificación AASHTO	A-4 Suelo limoso



## ***Anexo 5. Planos de diseño geométrico***

Planos

Diseño horizontal

Diseño vertical

Secciones transversales



**CURV. HOR. DER. Nº 3**  
 $\alpha = 173^\circ 13' 47''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 173^\circ 13' 47''$   
 $R = 24.500$   
 $T = 414.198$   
 $L_c = 74.074$   
 $Ext = 590.422$   
 $P = 10.00\%$   
 $S = 2.50$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. IZQ. Nº 2**  
 $\alpha = 2^\circ 45' 14''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 2^\circ 45' 14''$   
 $R = 180.000$   
 $T = 203.117$   
 $L_c = 40.068$   
 $Ext = 121$   
 $P = SN$   
 $S = SN$

**CURV. HOR. IZQ. Nº 4**  
 $\alpha = 8^\circ 39' 23''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 8^\circ 39' 23''$   
 $R = 80.000$   
 $T = 6.055$   
 $L_c = 12.087$   
 $Ext = 0.229$   
 $P = SN$   
 $S = SN$

**CURV. HOR. IZQ. Nº 5**  
 $\alpha = 173^\circ 03' 28''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 173^\circ 03' 28''$   
 $R = 16.000$   
 $T = 263.785$   
 $L_c = 48.327$   
 $Ext = 248.269$   
 $P = 10.00\%$   
 $S = 3.70$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. DER. Nº 1**  
 $\alpha = 41^\circ 06' 47''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 41^\circ 06' 47''$   
 $R = 40.000$   
 $T = 15.000$   
 $L_c = 28.702$   
 $Ext = 2.720$   
 $P = 6.90\%$   
 $S = 1.60$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. DER. Nº 7**  
 $\alpha = 177^\circ 07' 58''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 177^\circ 07' 58''$   
 $R = 16.500$   
 $T = 659.306$   
 $L_c = 51.011$   
 $Ext = 443.013$   
 $P = 10.00\%$   
 $S = 3.60$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

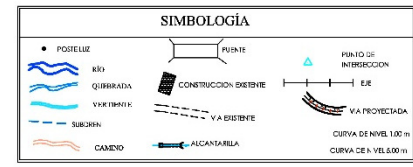
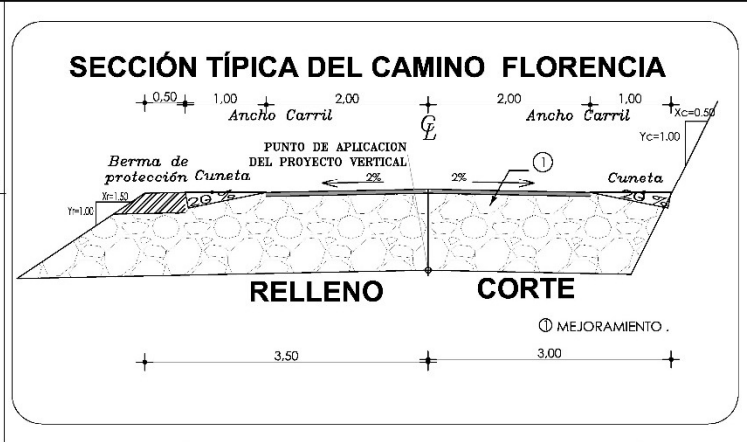
**CURV. HOR. IZQ. Nº 6**  
 $\alpha = 2^\circ 59' 11''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 2^\circ 59' 11''$   
 $R = 100.000$   
 $T = 2.407$   
 $L_c = 5.212$   
 $Ext = 0.034$   
 $P = SN$   
 $S = SN$

**CURV. HOR. IZQ. Nº 8**  
 $\alpha = 16^\circ 32' 05''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 16^\circ 32' 05''$   
 $R = 60.000$   
 $T = 8.718$   
 $L_c = 17.315$   
 $Ext = 0.630$   
 $P = 4.60\%$   
 $S = 1.20$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. IZQ. Nº 9**  
 $\alpha = 63^\circ 15' 02''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 63^\circ 15' 02''$   
 $R = 40.000$   
 $T = 24.633$   
 $L_c = 44.157$   
 $Ext = 6.976$   
 $P = 6.90\%$   
 $S = 1.60$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. DER. Nº 10**  
 $\alpha = 49^\circ 44' 33''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 49^\circ 44' 33''$   
 $R = 30.000$   
 $T = 23.179$   
 $L_c = 43.408$   
 $Ext = 5.111$   
 $P = 5.50\%$   
 $S = 1.40$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T

**CURV. HOR. IZQ. Nº 11**  
 $\alpha = 6^\circ 49' 45''$   
 CIRCULAR  
 $\theta_c = 6^\circ 49' 45''$   
 $R = 144.998$   
 $T = 144.998$   
 $L_c = 29.000$   
 $Ext = 29.000$   
 $P = 10.00\%$   
 $S = 2.00$  m  
 LT 15.00 m. = 1/3 C. 2/3 T



**TABLA DE REFERENCIAS**

NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
9566455.5	697370.877	2183.31	e1
9566299.64	697440.402	2208.529	e3
9566325.82	697415.568	2211.263	e4
9566356.63	697406.858	2213.744	e5
9566210.46	697549.246	2224.944	e2 inicio
9566228.85	697198.208	2095.277	I1 (e6)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

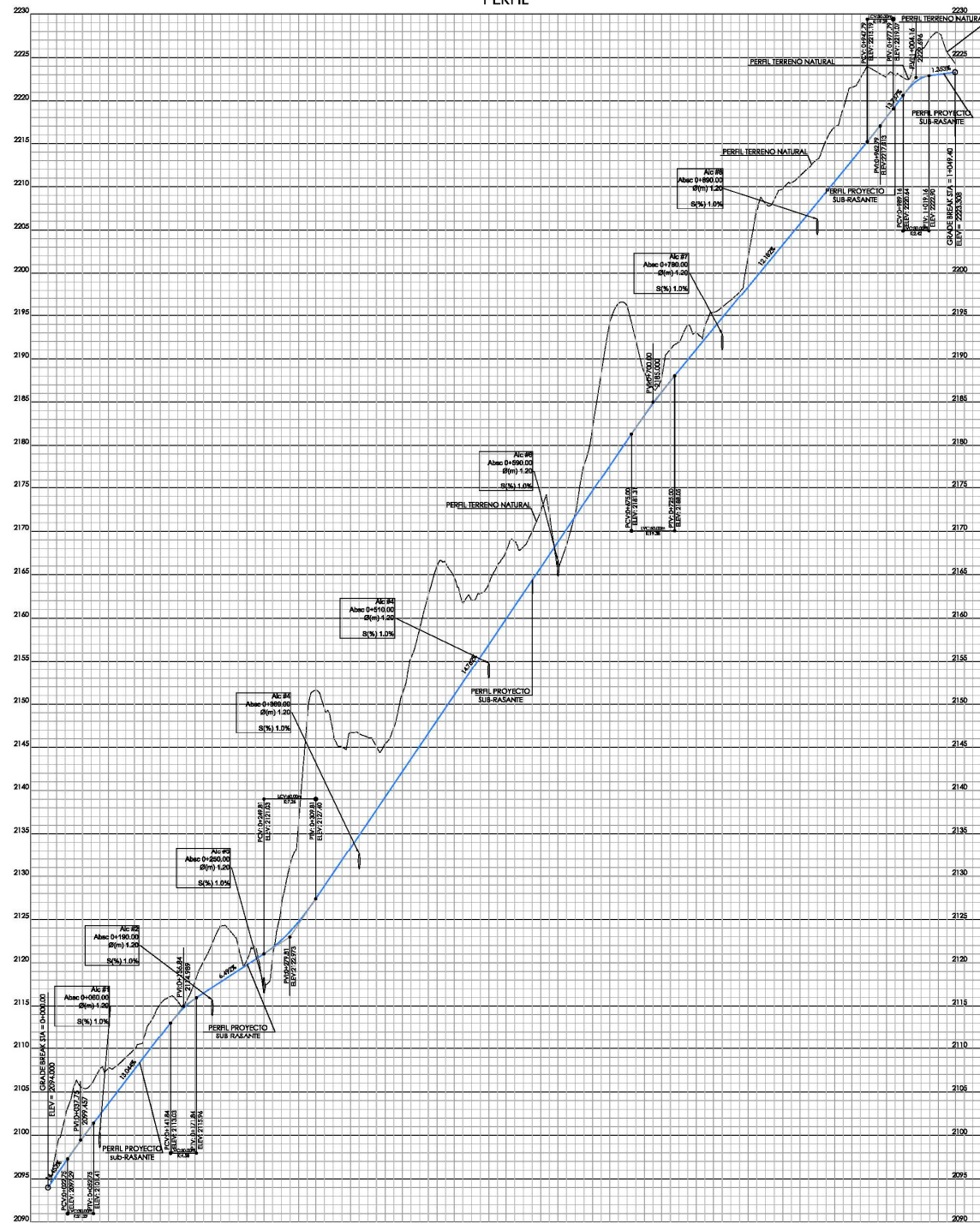
PROVINCIA: LOJA	CANTÓN: LOJA	PARROQUIA: EL VALLE
--------------------	-----------------	------------------------

CONTENIDO:  
**PROYECTO HORIZONTAL KM 1+049.40**

FECHA: NOVIEMBRE 2017	RESPONSABLE: EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	ESCALA: 1-----1000	REVISADO: ING: DANS ERNESTO VILELA MORA	LAMINA: 1
--------------------------	---	-----------------------	--	--------------



PERFIL



PENDIENTE	14.453%	13.044%	6.492%	14.762%	12.182%	13.753%	1.353%
RELLENO							
CORTE							
COTA. PROJ.							
COTA. TERR.							
ABSC. ACUM.							
DATOS CH							
0+000	2098.00	2098.00	2098.00	2098.00	2098.00	2098.00	2098.00
0+050	2098.15	2098.30	2098.45	2098.60	2098.75	2098.90	2099.05
0+100	2098.30	2098.45	2098.60	2098.75	2098.90	2099.05	2099.20
0+150	2098.45	2098.60	2098.75	2098.90	2099.05	2099.20	2099.35
0+200	2098.60	2098.75	2098.90	2099.05	2099.20	2099.35	2099.50
0+250	2098.75	2098.90	2099.05	2099.20	2099.35	2099.50	2099.65
0+300	2098.90	2099.05	2099.20	2099.35	2099.50	2099.65	2099.80
0+350	2099.05	2099.20	2099.35	2099.50	2099.65	2099.80	2099.95
0+400	2099.20	2099.35	2099.50	2099.65	2099.80	2099.95	2100.10
0+450	2099.35	2099.50	2099.65	2099.80	2099.95	2100.10	2100.25
0+500	2099.50	2099.65	2099.80	2099.95	2100.10	2100.25	2100.40
0+550	2099.65	2099.80	2099.95	2100.10	2100.25	2100.40	2100.55
0+600	2099.80	2099.95	2100.10	2100.25	2100.40	2100.55	2100.70
0+650	2099.95	2100.10	2100.25	2100.40	2100.55	2100.70	2100.85
0+700	2100.10	2100.25	2100.40	2100.55	2100.70	2100.85	2101.00
0+750	2100.25	2100.40	2100.55	2100.70	2100.85	2101.00	2101.15
0+800	2100.40	2100.55	2100.70	2100.85	2101.00	2101.15	2101.30
0+850	2100.55	2100.70	2100.85	2101.00	2101.15	2101.30	2101.45
0+900	2100.70	2100.85	2101.00	2101.15	2101.30	2101.45	2101.60
0+950	2100.85	2101.00	2101.15	2101.30	2101.45	2101.60	2101.75
1+000	2101.00	2101.15	2101.30	2101.45	2101.60	2101.75	2101.90

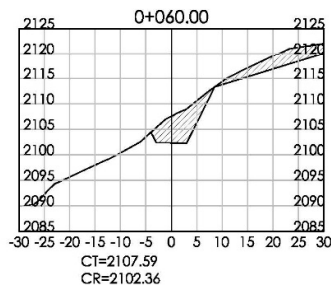
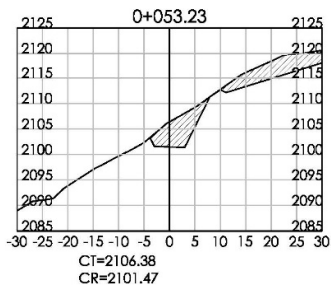
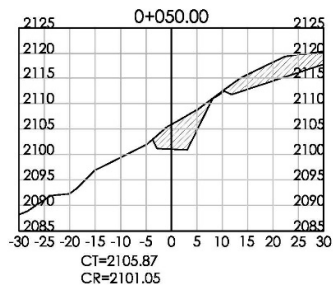
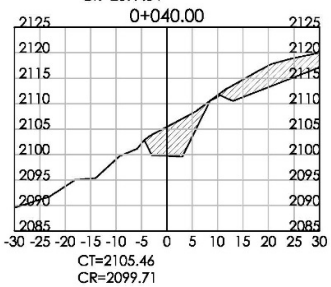
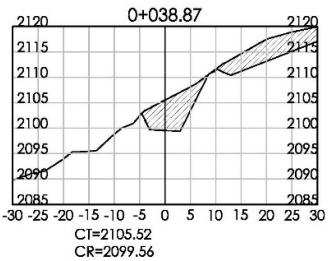
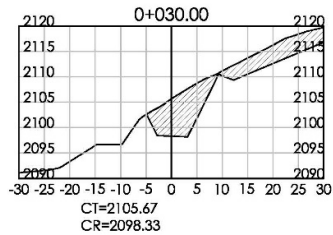
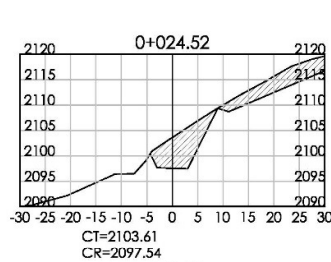
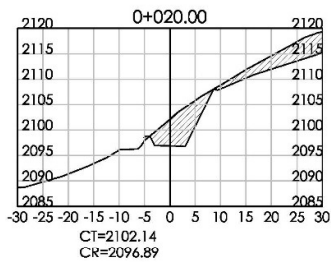
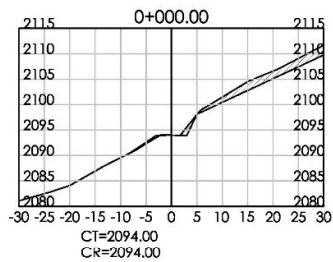
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LUZA**  
 AREA INGENIERIA DE INGENIERIA NACIONAL DE LUZA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE INGENIERIA NACIONAL DE LUZA

PROYECTO: **PROYECTO VIVIENDA DE 1000.000 1000.000**

FECHA: **10/10/2024**

AUTORIZADO:

1/200



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA  
INGENIERÍA AGRÍCOLA

RESPONSABLE:

EGDO:  
JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ

REVISADO:

ING:  
DANS ERNESTO VILELA MORA

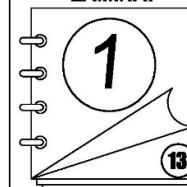
CONTENIDO:

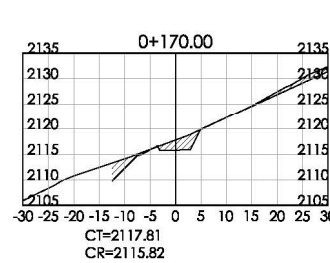
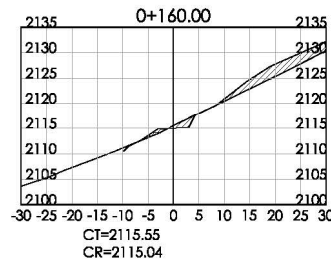
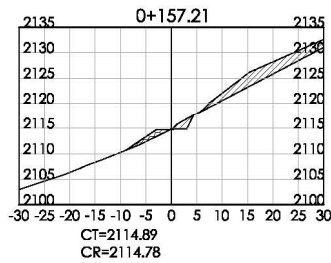
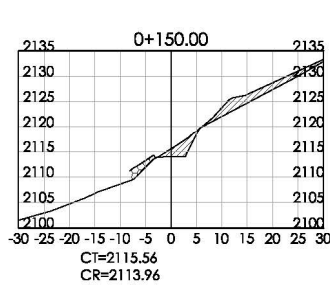
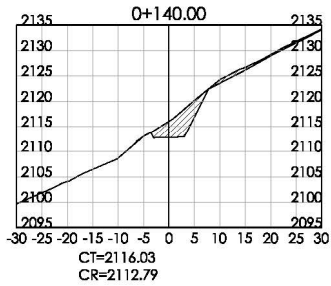
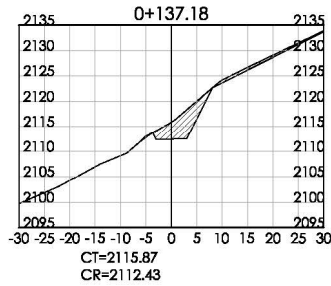
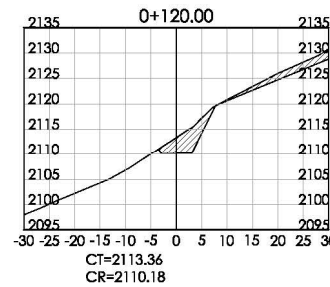
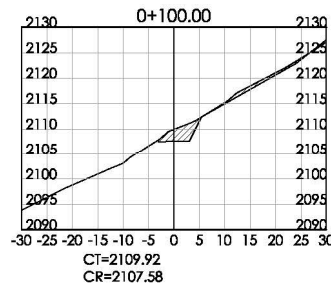
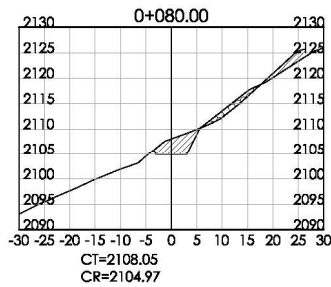
**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA:

1 .....1000

LAMINA:





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA INGENIERÍA AGRÍCOLA

RESPONSABLE:

EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ

REVISADO:

ING: DANS ERNESTO VILELA MORA

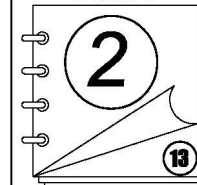
CONTENIDO:

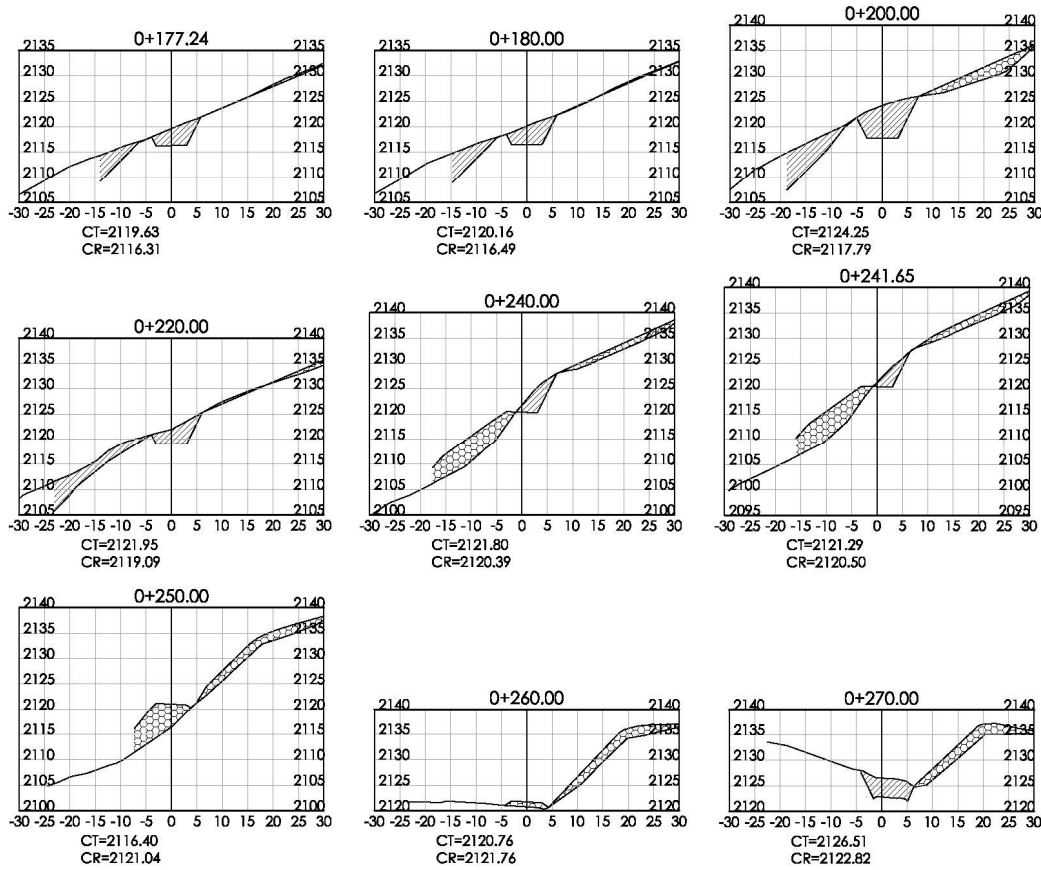
**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA:

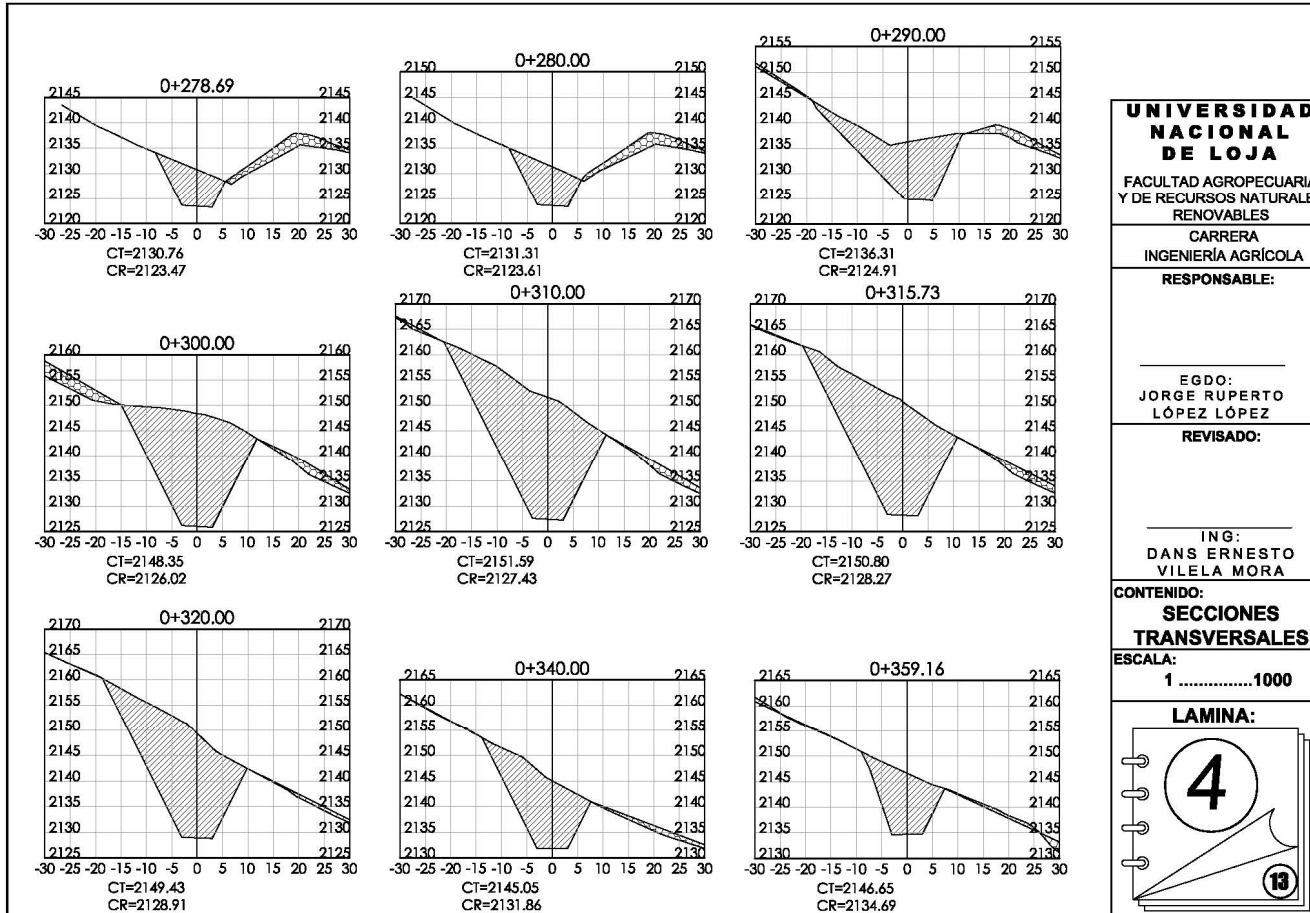
1 .....1000

LAMINA:





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
 REVISADO: \_\_\_\_\_  
 ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES  
 ESCALA: 1 .....1000  
 LAMINA: 3



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA INGENIERÍA AGRÍCOLA  
 RESPONSABLE:

EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ

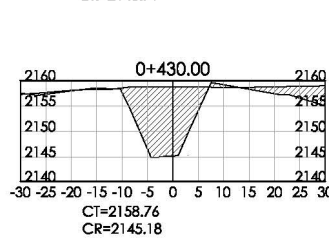
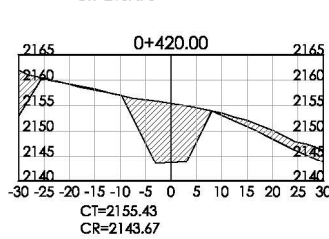
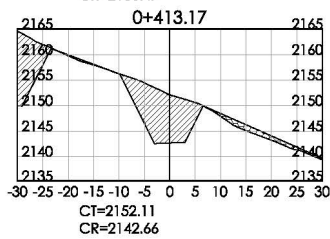
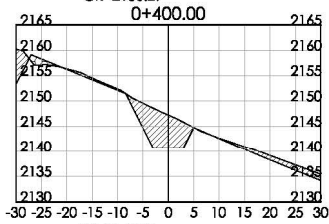
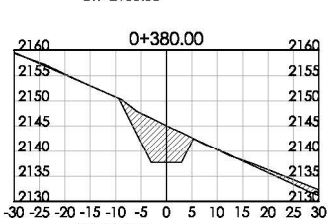
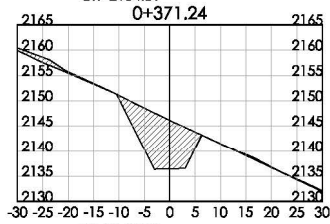
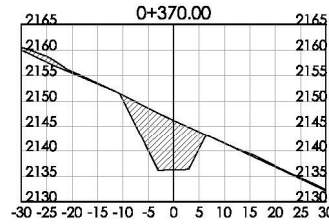
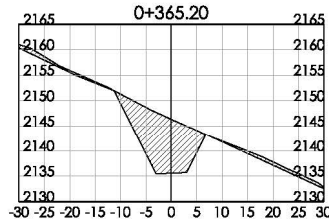
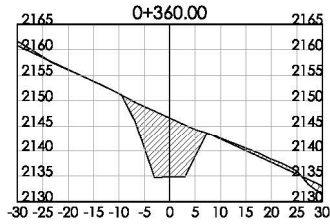
REVISADO:

ING: DANS ERNESTO VILELA MORA

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1 ..... 1000





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA INGENIERÍA AGRÍCOLA

RESPONSABLE:

EGDO:  
JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ

REVISADO:

ING:  
DANS ERNESTO VILELA MORA

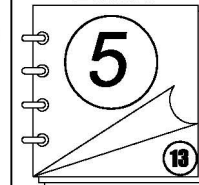
CONTENIDO:

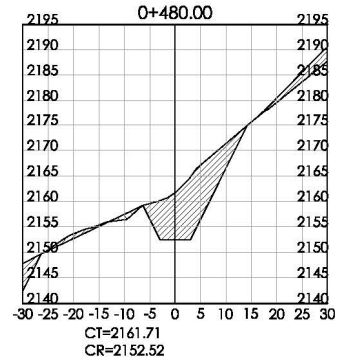
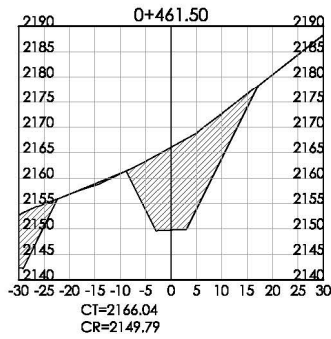
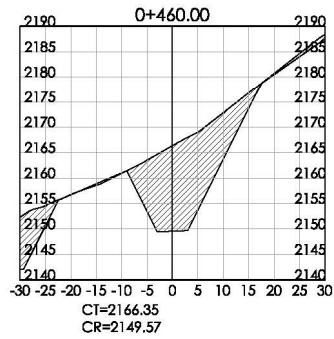
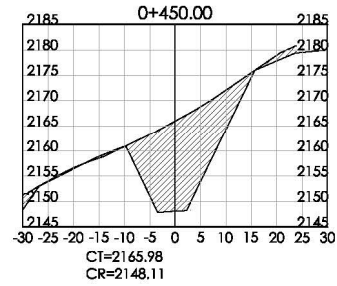
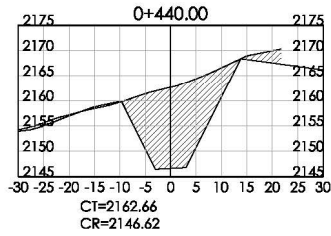
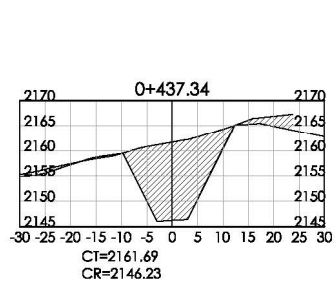
**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA:

1 .....1000

LAMINA:





**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LOJA**

FACULTAD AGROPECUARIA  
Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES

CARRERA  
INGENIERÍA AGRÍCOLA

RESPONSABLE:

EGDO:  
JORGE RUPERTO  
LÓPEZ LÓPEZ

REVISADO:

ING:  
DANS ERNESTO  
VILELA MORA

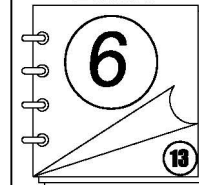
CONTENIDO:

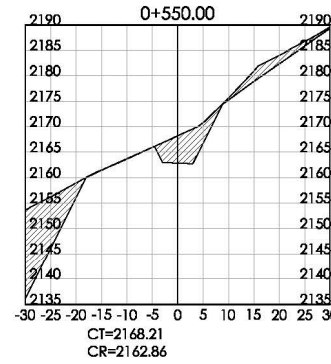
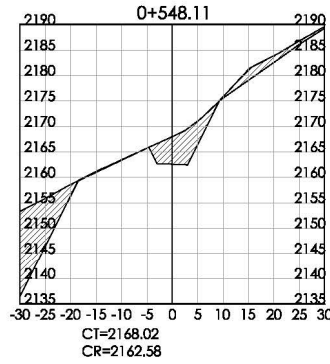
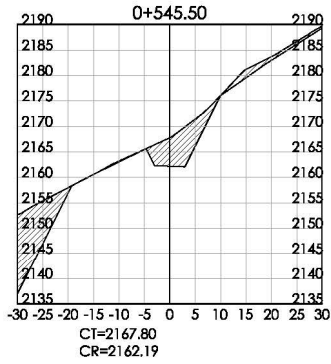
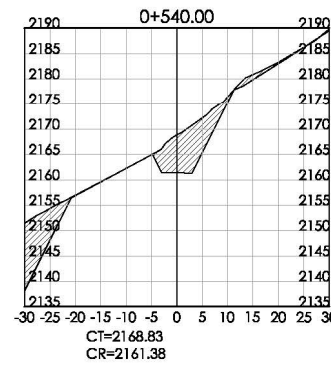
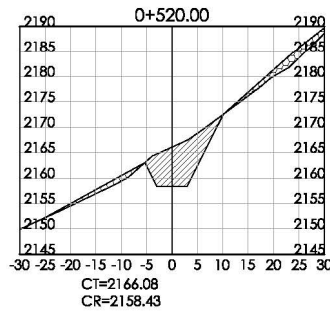
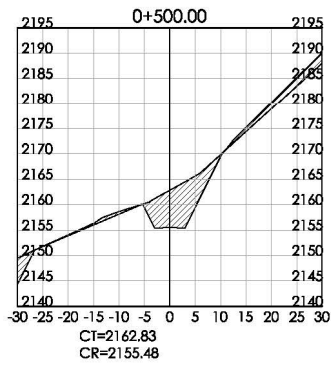
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**

ESCALA:

1 .....1000

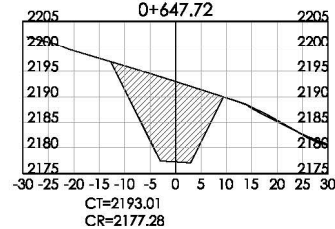
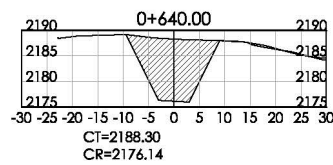
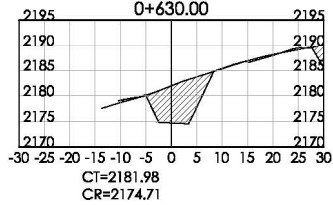
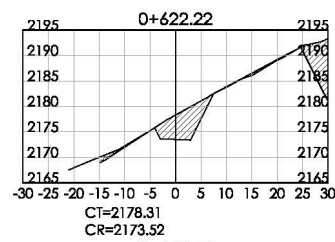
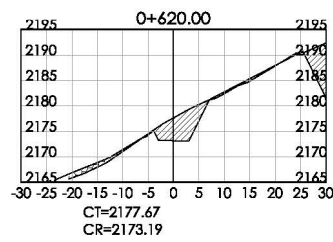
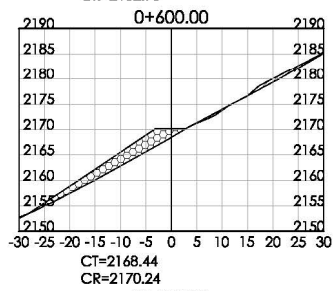
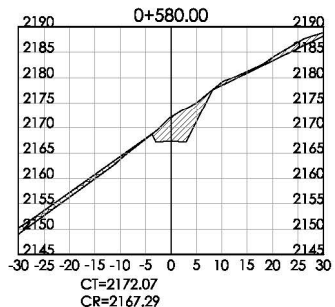
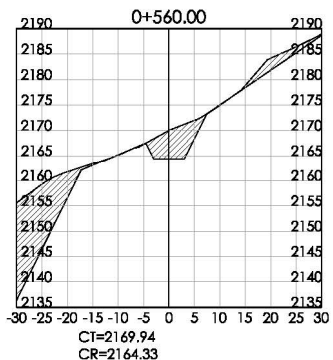
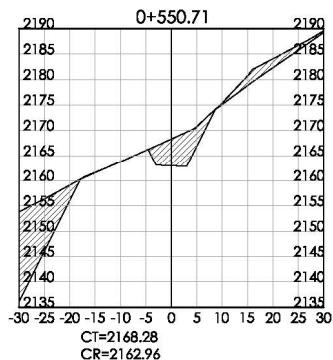
LAMINA:



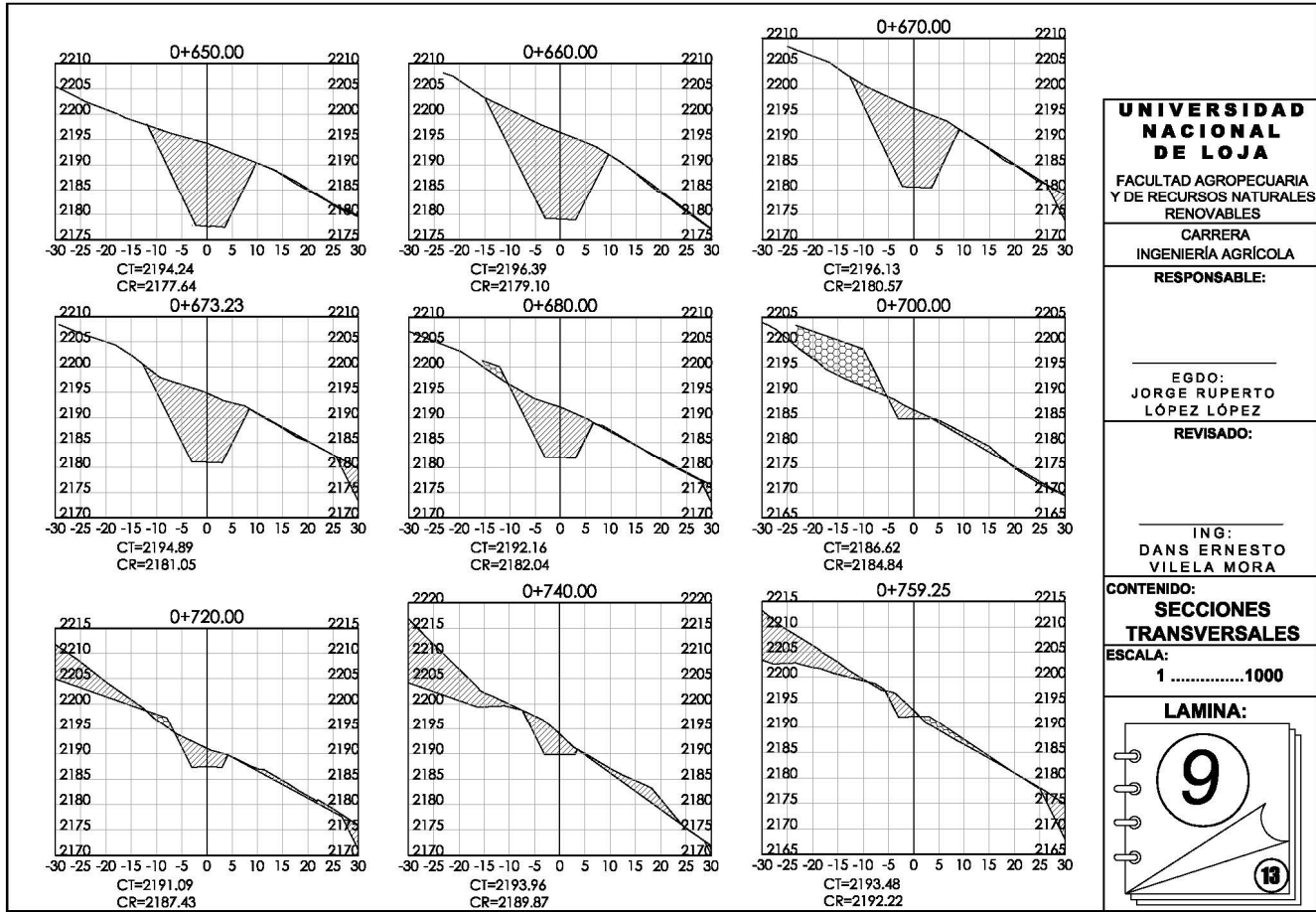


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA INGENIERÍA AGRÍCOLA
RESPONSABLE:
_____
EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ
REVISADO:
_____
ING: DANS ERNESTO VILELA MORA
CONTENIDO: <b>SECCIONES TRANSVERSALES</b>
ESCALA: 1 ..... 1000
LAMINA:

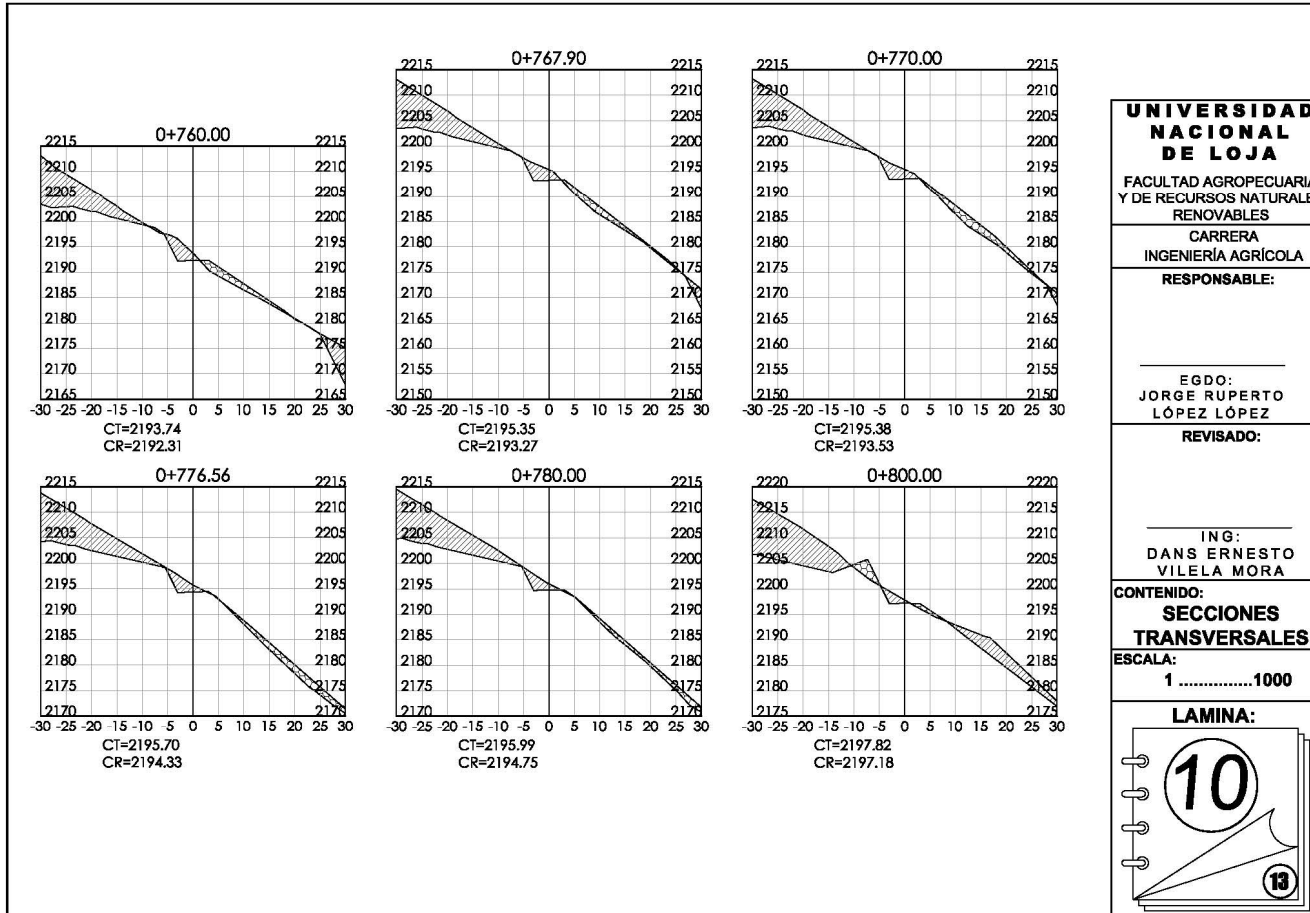




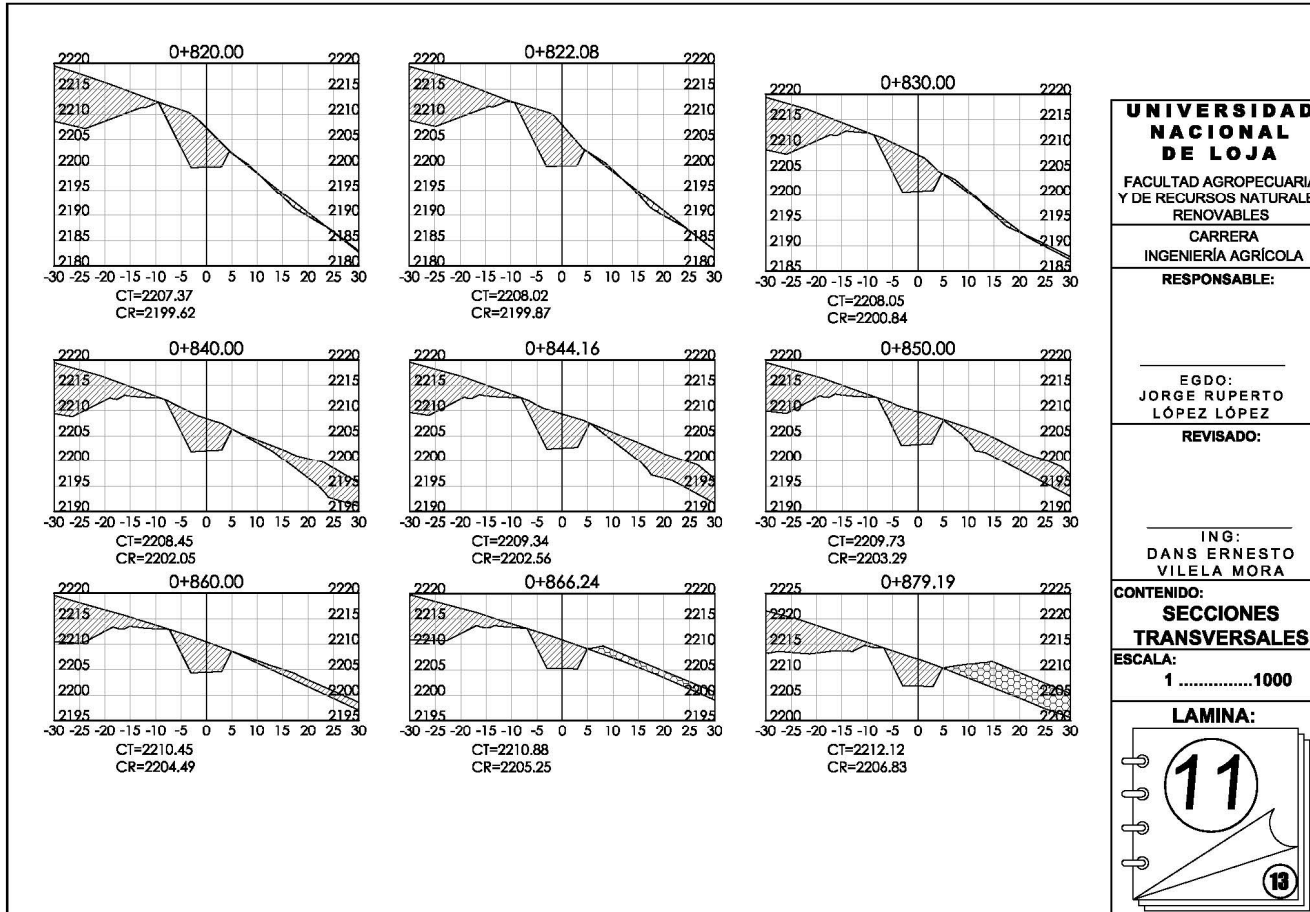
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
REVISADO: \_\_\_\_\_  
ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
CONTENIDO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
ESCALA: 1 .....1000  
LAMINA: **8**



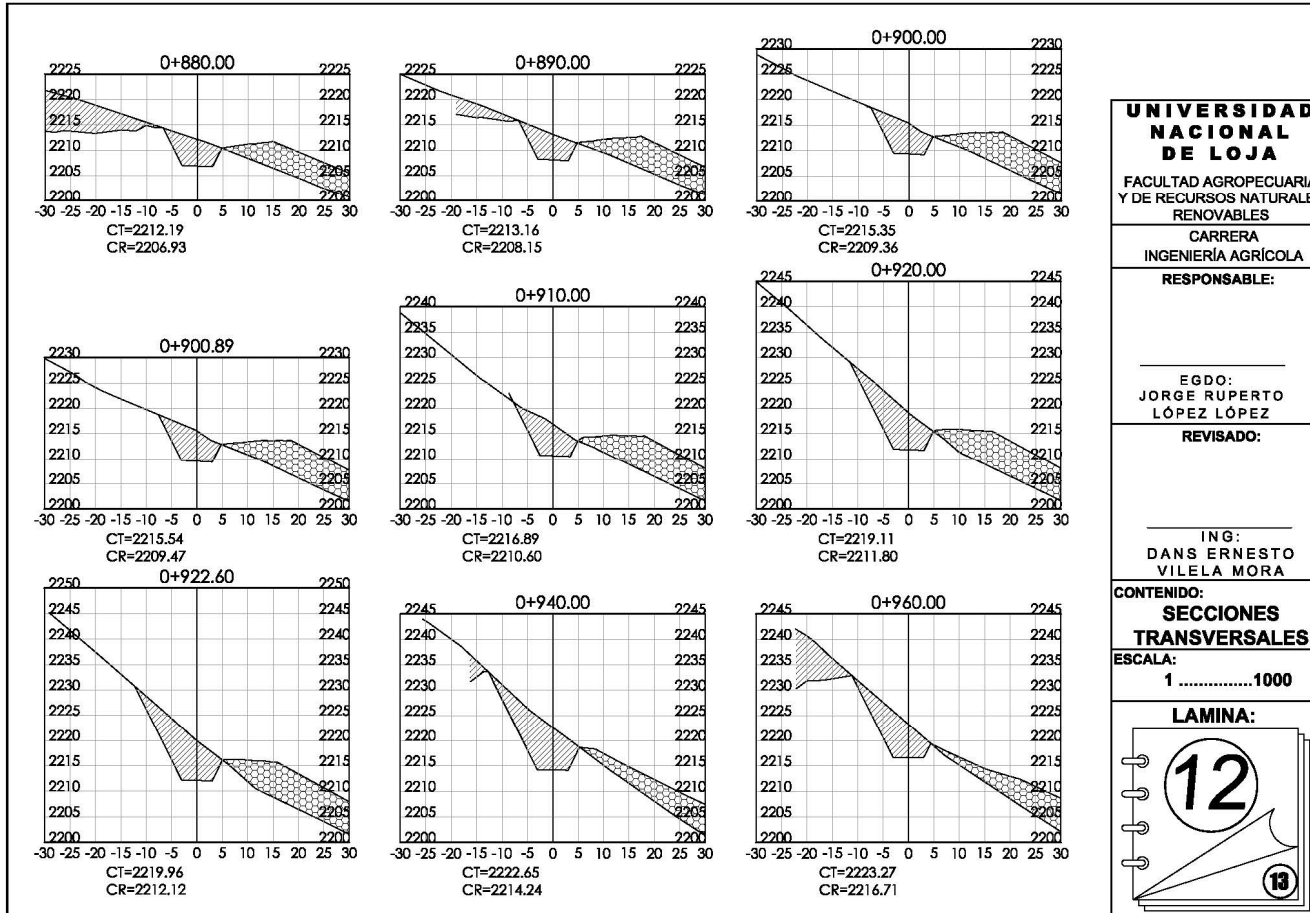
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
 REVISADO: \_\_\_\_\_  
 ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
 CONTENIDO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
 ESCALA: 1 ..... 1000  
 LAMINA: **9**



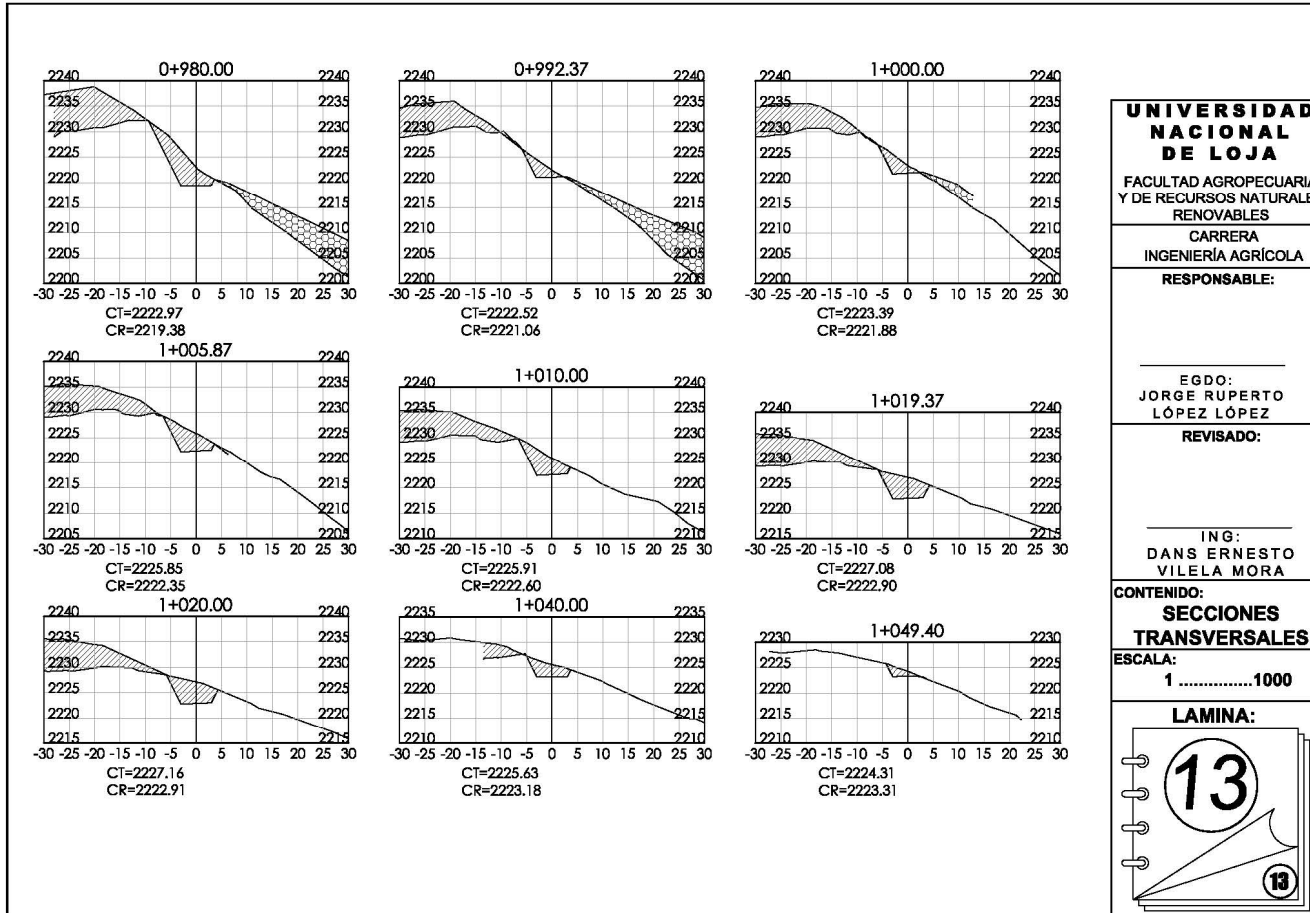
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
 REVISADO: \_\_\_\_\_  
 ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
 CONTENIDO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
 ESCALA: 1 .....1000  
 LAMINA: **10**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
 REVISADO: \_\_\_\_\_  
 ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
 CONTENIDO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
 ESCALA: 1 ..... 1000  
 LAMINA: **11**

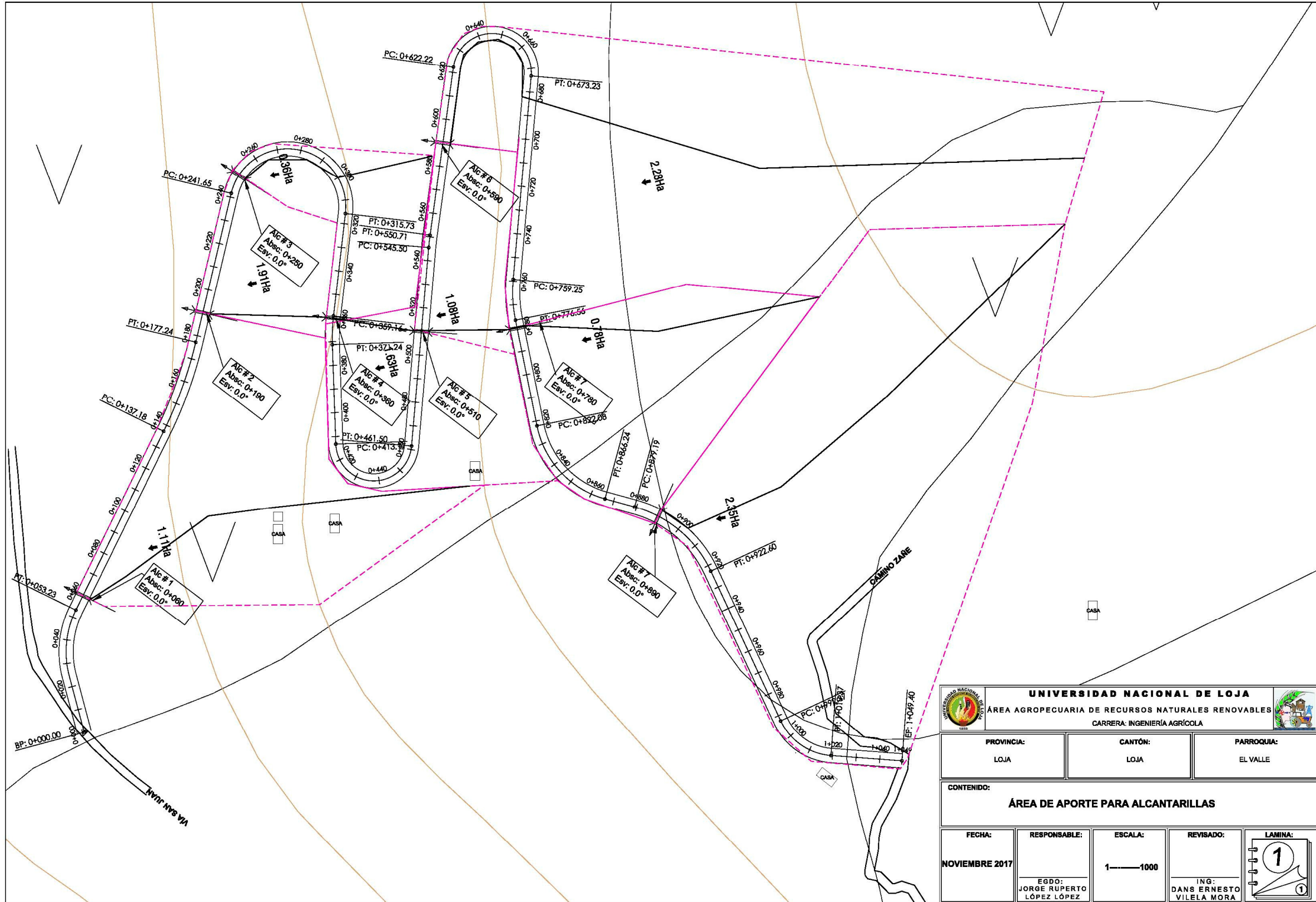


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA INGENIERIA AGRICOLA  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ  
 REVISADO: \_\_\_\_\_  
 ING: DANS ERNESTO VILELA MORA  
 CONTENIDO: **SECCIONES TRANSVERSALES**  
 ESCALA: 1 ..... 1000  
 LAMINA: **12**



*Anexo 6. Plano de áreas de aporte, alcantarillas tipo y detalle de cunetas*

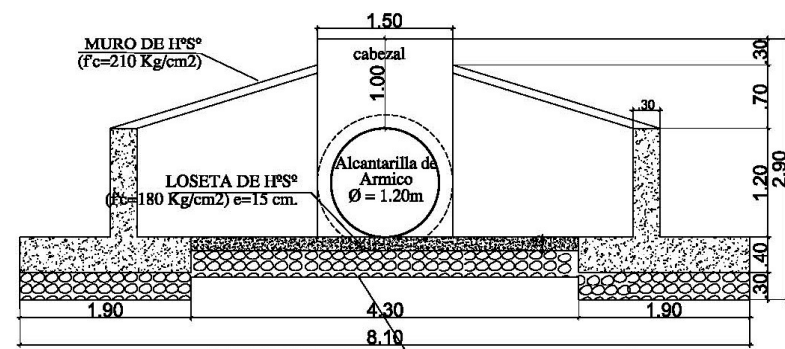
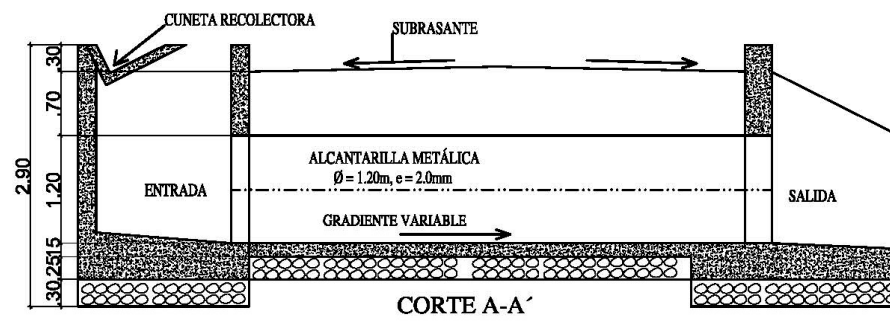
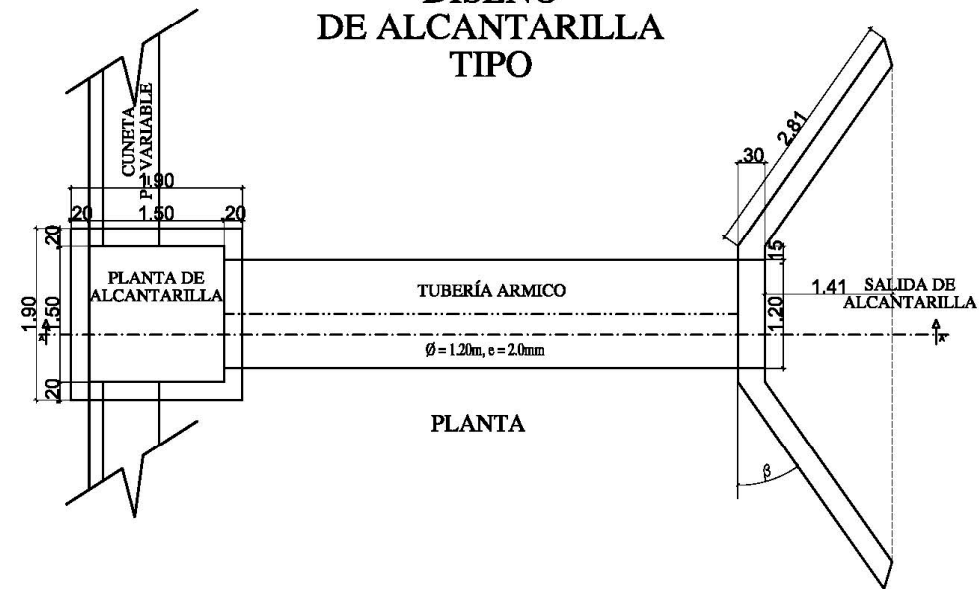
Planos



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> ÁREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA				
PROVINCIA: LOJA	CANTÓN: LOJA	PARROQUIA: EL VALLE		
CONTENIDO: <b>ÁREA DE APORTE PARA ALCANTARILLAS</b>				
FECHA: NOVIEMBRE 2017	RESPONSABLE: EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	ESCALA: 1:1000	REVISADO: ING: DANS ERNESTO VILELA MORA	
			LAMINA: 	

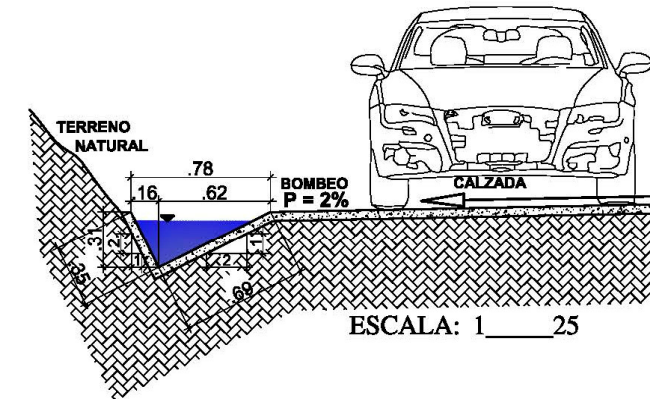
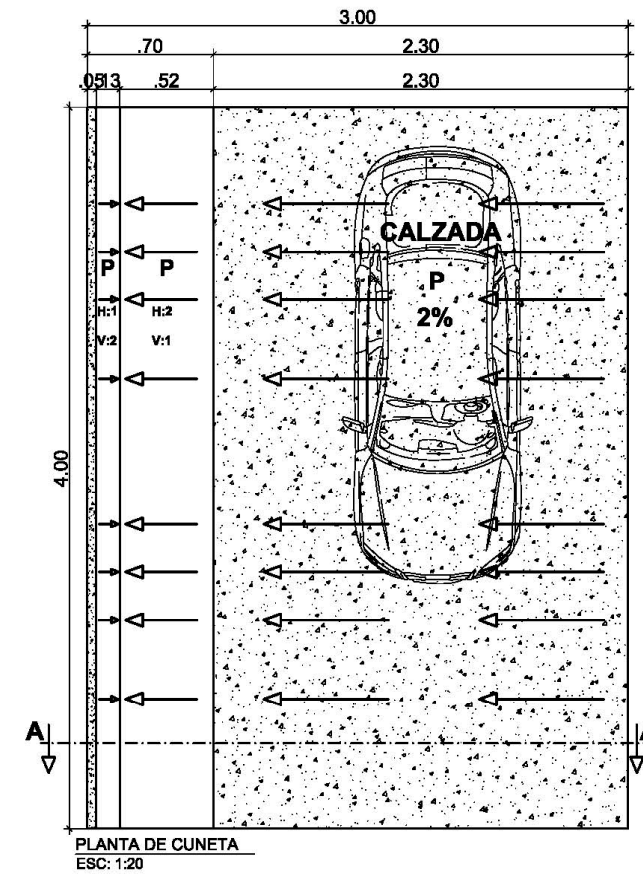


## DISEÑO DE ALCANTARILLA TIPO



REPOSICIÓN CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO ALTURA VARIABLE MÍNIMA 0.30m, DEBIDAMENTE COMPACTADO, PARA ALTURAS MAYORES SE SE UTILIZARÁ TAMAÑOS > 4" ESPECIFICACION MOP-001-F-2002 402-2

ESCALA: 1 \_\_\_\_\_ 50



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA: INGENIERIA AGRICOLA				
PROVINCIA: LOJA	CANTÓN: LOJA	PARROQUIA: EL VALLE		
CONTENIDO: DISEÑO • DE ALCANTARILLA TIPO • DE DETALLE DE CUNETA				
FECHA: NOVIEMBRE 2017	RESPONSABLE: EGDO: JORGE RUPERTO LÓPEZ LÓPEZ	REVISADO: ING: DANS ERNESTO VILELA MORA	ESCALA: INDICADAS	LAMINA: 1

## 9. FOTOS

	
	
<p>Levantamientos de datos mediante encuestas</p>	
	
<p>Configuración del Equipo GPS de precisión</p>	<p>Colocación de puntos de referencia</p>



Levantamiento de la franja fotográfica





Toma de muestras de suelo



Ensayo de limites



Ensayo de granulometría



Ensayo de compactación