



UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA ALTERNA QUE UNE AL CANTÓN
SAQUISILÍ CON LA PARROQUIA PATUTAN PERTENECIENTE AL
CANTÓN LATACUNGA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE
LOS POBLADORES”**

Autor: Cajas Sinchiguano Jonathan Anibal

Tutor: Ing. Mg. Moya Medina Dilon Germán

AMBATO - ECUADOR

Agosto – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: “**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA ALTERNA QUE UNE AL CANTÓN SAQUISILÍ CON LA PARROQUIA PATUTAN PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES**”, elaborado por el Sr. **Jonathan Anibal Cajas Sinchiguano**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 0503989691, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

Ing. Mg. Dilon Germán Moya Medina

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Cajas Sinchiguano Jonathan Anibal**, con C.I. 0503989691 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA ALTERNA QUE UNE AL CANTÓN SAQUISILÍ CON LA PARROQUIA PATUTAN PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



Cajas Sinchiguano Jonathan Anibal

C.I: 0503989691

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico , con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto 2021



Cajas Sinchiguano Jonathan Anibal

C.I: 0503989691

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Cajas Sinchiguano Jonathan Anibal, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “El tema **DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA ALTERNA QUE UNE AL CANTÓN SAQUISILÍ CON LA PARROQUIA PATUTAN PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES.**”.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Diego Sebastian Chérrez Gavilanes

Miembro Calificador

Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, por ser las personas más importantes en mi vida, por ser el pilar fundamental para el cumplimiento de mis metas, , enseñarme a ser mejor persona, apoyarme durante todo el camino recorrido, guiarme por el bien, darme todas las herramientas necesarias para poder alcanzar el éxito, así como darme amor, comprensión en todos los tropiezos de la vida y aprender de mis errores, por ser ejemplo de trabajo y honestidad.

A mis hermanas Mary y Cris por siempre apoyarme, darme palabras de afecto en momentos difíciles, porque he aprendido de su carisma para solucionar cualquier suceso que afecte mi tranquilidad, por cuidarme desde mi niñez, ser unas segundas madres y haberme hecho una prioridad en sus vidas.

A mi sobrino Mathy por haber llegado a alegrar mi vida, siempre sacarme una sonrisa en mis momentos difíciles, ser mi compañero de aventura, así como el ruido en la casita que da felicidad y sobre todo darme su amor.

A todos aquellos que han quedado en mi memoria, mis abuelitos y mi ñaño que desde el cielo me bendicen y cuidan.

JONATHAN CAJAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la salud, la sabiduría y permitirme realizar este trabajo de titulación, a la Universidad Técnica de Ambato por haberme dado la oportunidad de formar parte de sus aulas, formarme como profesional y convertirme en mi segundo hogar.

A mi tutor el Ingeniero Dilon Moya por la paciencia, brindarme sus conocimientos y su guía para la culminación del proyecto de tesis.

A los docentes de mi querida Facultad quienes supieron impartir, llegar con sus conocimientos hacia los estudiantes, por su visión de relacionar la ingeniería con lo cotidiano de la vida, lo cual me han motivado durante mi formación profesional.

A mis amigos de la universidad, con quienes he compartido buenos y malos momentos, que se han convertido en familia a lo largo del transcurso de la carrera, y por lo tanto también forman parte de esta alegría.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1. Vías terrestres	4
1.1.3.2. Características de las vías terrestre en dependencia del terreno	5
1.1.3.3. Vías urbanas	6
1.1.3.4. Caminos rurales.....	6
1.1.3.5. Tráfico.....	8
1.1.3.6. Determinación del tráfico actual y futura.....	10
1.1.3.7. Factores que influyen en la elección de la pista	14
1.1.3.8. Condiciones geológicas y geotécnicas	14

1.1.3.9.	Procedimientos para elegir el trazado de la carretera	15
1.1.3.10.	Representación gráfica del proyecto	16
1.1.3.11.	Pavimentación.....	17
1.1.4.	Diseño geométrico	22
1.1.5.	Hipótesis.....	24
2.1.	Objetivos	25
1.1.6.	Objetivo General	25
1.1.7.	Objetivos Específicos.....	25
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....		26
2.1.	Modalidad básica de la investigación	26
2.2.	Niveles de Investigación	27
2.3.	Métodos.....	27
2.4.	Población y muestra	28
2.5.	Operacionalización de las variables	29
2.6.	Plan de Recolección de Datos	30
2.7.	Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	30
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
ESTUDIO DEL TRÁFICO		35
3.1.	Proyección del tráfico actual.....	35
3.1.1.	Tráfico generado (TG).	36
3.1.2.	Tráfico atraído o desarrollado. (TD).....	36
3.1.3.	Tráfico desviado. (Td).....	37
3.2.	Trafico de diseño.....	37
3.3.	Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico.	38
3.4.	Velocidad de diseño	39

3.4.1.	Velocidad de diseño (Km/h).....	39
3.4.2.	Velocidad de circulación.	39
CAPITULO IV DISEÑO GEOMÉTRICO		40
4.1.	Diseño del Alineamiento Horizontal.....	40
4.1.1.	Tangentes Horizontales.....	40
4.1.2.	Curvas Circulares Simples	40
4.1.3.	Fuerza centrífuga	42
4.1.4.	Coeficiente de fricción	42
4.1.5.	Radio mínimo de curvatura horizontal (R).....	43
4.1.6.	Grado de curvatura (G_c)	44
4.1.7.	Transición del peralte.....	44
4.1.8.	Longitud de transición.....	45
4.1.9.	Longitud de aplanamiento	46
4.1.10.	Abcisado de los puntos del diagrama de peralte	47
4.1.10.1.	Etapas de transición del peralte.....	48
4.1.11.	Sobre ancho de curvas	49
4.2.	Visibilidad.....	52
4.2.1.	Distancia de visibilidad de frenado.	52
4.2.2.	Distancia de visibilidad de frenado con gradiente variable.....	54
4.2.3.	Distancia de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo.	54
4.2.4.	Distancia de cruce (D_c).....	58
4.3.	Trazado Horizontal.....	59
4.4.	Diseño vertical	62
4.4.1.	Gradientes.....	62
4.4.1.1.	Gradiente máxima.....	63

4.4.1.2.	Gradiente mínima.	63
4.4.2.	Curvas verticales.	63
4.4.2.1.	Curvas Verticales Convexas.....	63
4.4.2.2.	Curva vertical cóncava	66
4.4.3.	Trazado.....	68
4.4.3.1.	Criterios de diseño	69
4.5.	Resultados	70
CAPITULO V DISEÑO DEL PAVIMENTO		72
5.1.	Método AASHTO 93	72
5.1.1.	Periodo de diseño	72
5.1.2.	Transito equivalente	72
5.1.3.	Pavimento flexible.....	74
5.1.3.1.	Nivel de confianza	75
5.1.3.2.	Error normal combinado (So).	75
5.1.3.3.	Niveles de serviciabilidad.....	76
5.1.3.4.	Índice de serviciabilidad (Δ PSI).	76
5.1.3.5.	Módulo resiliente de la sub-rasante.	76
5.1.3.6.	Calidad del drenaje en el diseño de pavimentos.	77
5.1.3.7.	Coeficiente estructural.....	78
5.1.3.8.	Coeficiente de la Subbase a3.	78
5.1.3.9.	Coeficiente de la base a2.	79
5.1.3.10.	Coeficiente de la capa de rodadura a1	80
5.1.4.	Determinación de los espesores de cada capa.....	82
5.2.	Sección transversal.....	83
5.2.1.	Ancho de vía o calzada	84

5.2.2.	Espaldones o bermas.	85
5.2.3.	Taludes.	86
5.3.	Resultado.....	87
CAPITULO VI DRENAJE VIAL		88
6.1.	Estación pluviográfica.....	88
6.1.1.	Periodo de Retorno	89
6.1.2.	Tiempo de concentración	89
6.1.3.	Intensidad de precipitación	90
6.1.4.	Intensidad máxima en 24 horas determinadas con información pluviográfica.....	90
6.1.5.	Caudal de diseño	91
6.1.6.	Coeficiente de escorrentía	92
6.2.	Diseño del drenaje longitudinal	93
6.2.1.	Ecuación de Manning.....	93
6.2.2.	Borde libre.....	96
6.3.	Diseño del drenaje transversal	97
6.3.1.	Consideraciones generales.	97
6.3.2.	Localización	97
6.3.3.	Alineación.....	97
6.3.4.	Pendiente	97
6.3.5.	Longitud de la alcantarilla	97
6.3.6.	Velocidad de la corriente	98
6.3.6.1.	Velocidades máximas permisibles a la salida de la alcantarilla.	98
6.3.6.2.	Carga admisible a la entrada.....	98
6.4.	6.4 Diseño de la alcantarilla.....	99

6.5.	6.5 Sección de control	103
6.5.1.	Control de entrada	103
6.5.2.	Control de salida.	104
6.6.	Protección contra la socavación local	105
6.6.1.	Cabecal tipo cajón y muros de cabecera.....	105
6.6.2.	Muro de ala con ángulo abierto:.....	107
6.6.3.	Dimensionamiento	107
CAPITULO VII MOVIMIENTO DE TIERRAS		109
7.1.	Definición.....	109
7.2.	Diagrama de Masas	110
7.2.1.	Prismoide.	110
CAPITULO VIII ANALISIS TECNICO ECONOMICO		116
8.1.	Presupuesto	116
8.1.1.	Análisis de precios unitarios.....	116
8.1.1.1.	Costos directos:.....	116
8.1.1.2.	Costos indirectos:.....	116
8.2.	Evaluación financiera.....	117
8.2.1.	Cálculo de los beneficios valorados.	117
8.2.1.1.	Neumáticos.	118
8.2.1.2.	Transporte Productos.	118
8.3.	Mantenimiento vial.	119
8.4.	Indicadores económicos.	119
CAPITULO IX IMPACTO AMBIENTAL		121
9.1.	Generalidades	121
9.2.	Descripción de las actividades del proyecto	121

9.2.1.	Etapa de construcción.....	121
9.2.1.1.	Actividades durante la fase de construcción.	121
9.2.1.2.	Descripción de las actividades.	121
9.2.2.	Etapa de operación y mantenimiento.	122
9.2.2.1.	Actividades durante la etapa de operación y mantenimiento.	122
9.2.2.2.	Descripción de las actividades.	122
9.3.	Área de influencia socio económica.	123
9.4.	Diagnóstico ambiental – línea base.....	123
9.5.	Criterios metodológicos.	123
9.5.1.	Medio Físico.	124
9.5.1.1.	Uso y cobertura del suelo.	125
9.5.1.2.	Geología	126
9.5.1.3.	Recurso Agua.....	126
9.5.2.	9.5.2 Medio Biótico.	127
9.5.2.1.	Flora.....	127
9.5.2.2.	Fauna.....	128
9.6.	Identificación y evaluación de impactos ambientales.....	129
9.6.1.	Etapa de construcción.....	129
9.6.1.1.	Positivos.	129
9.6.1.2.	Negativos.....	129
9.6.2.	Etapa de Operación y Mantenimiento.....	130
9.6.2.1.	Positivos.	130
9.6.2.2.	Negativos.....	130
9.6.3.	Metodología.....	130
9.7.	Clasificación de las actividades	130

9.7.1.	Valoración de los impactos ambientales.	131
9.7.2.	Evaluación del impacto en base a la Matriz de Leopold.....	132
9.8.	Plan de manejo ambiental (PMA)	133
9.8.1.	Plan de Prevención y mitigación de impactos.	133
9.8.2.	Plan de Contingencias.	136
9.8.3.	Plan de seguridad y salud en el trabajo.	137
9.8.4.	Plan de manejo de desechos.....	138
9.8.5.	Plan de relaciones comunitarias.	139
9.8.6.	Plan de monitoreo.....	140
9.8.7.	Plan de rehabilitación de áreas afectadas.	141
9.8.8.	Plan de cierre, abandono y entrega del área.....	141
	Conclusiones	143
	Recomendaciones	144
	Bibliografía	145
	Anexos	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación Función, Clase de carreteras, Tráfico Proyectado	7
Tabla 2 Clasificación de Carreteras según el MTOP.....	8
Tabla 3 Previsión de tráfico	11
Tabla 4 Características geométricas mínimas	12
Tabla 5 Instrucción de servicio	17
Tabla 6 Metodología para la rehabilitación del pavimento.....	18
Tabla 7 Operacionalización de las variables	29
Tabla 8 Operacionalización de las variables	30
Tabla 9 Conteo de vehicular.	32
Tabla 10 Factor semana para cada mes del año	33
Tabla 11 Estudios del MTOP	35
Tabla 12 Vehículos Livianos	35
Tabla 13 Vehículos Livianos	36
Tabla 14 Tráfico de diseño para la vía	37
Tabla 15 Tabla de elementos de curva.....	61
Tabla 16 Tabla de elementos de curva.....	61
Tabla 17 Tabla de Tangentes	61
Tabla 18 Curva Superaleación	61
Tabla 19 Tabla de tangentes.....	70
Tabla 20 Tabla de curvas	70
Tabla 21 Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia de carga por cada tipo de eje.	73
Tabla 22 El valor de la carga de eje se estable de la tabla de pesos y dimensiones del MTOP.....	73

Tabla 23 Factor de daño por vehículo comercial (FDVC).....	74
Tabla 24 Resultados del tránsito equivalente.....	74
Tabla 25 Intensidad duración frecuencia 24 H INAMHI.....	91
Tabla 26 Caudal parcial para cunetas.....	93
Tabla 27 Resultado del diseño hidráulico.	96
Tabla 28 Diseño de la alcantarilla.....	99
Tabla 29 La velocidad de diseño.....	102
Tabla 30 Control de salida.	105
Tabla 31 Tabla de volúmenes	111
Tabla 32 Costos indirectos.....	117
Tabla 33 Costo de Combustibles	118
Tabla 34 Costo del cambio de neumáticos.....	118
Tabla 35 Costo del Flete	119
Tabla 36 Mantenimiento vial.....	119
Tabla 37 Tasa de descuento	120
Tabla 38 Actividades durante la fase de construcción.....	121
Tabla 39 Actividades durante la etapa de operación y mantenimiento.....	122
Tabla 40 Escalas de valoración para la “La Matriz de Leopold” según el TULSMA.	131
Tabla 41 Evaluación de Leopold.....	131
Tabla 42 Plan de Prevención y mitigación de impactos.	133
Tabla 43 Plan de Contingencias.....	136
Tabla 44 Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	137
Tabla 45 Plan de manejo de desechos.....	138
Tabla 46 Plan de Relaciones Comunitarias.....	139

Tabla 47 Plan de monitoreo.	140
Tabla 48 Plan de rehabilitación de áreas afectadas.	141
Tabla 49 Plan de cierre, abandono y entrega del área.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 VELOCIDAD Km/h.....	13
Figura 2 Ángulo de deflexión	21
Figura 3 Deflexiones y azimuts en poligonales orientados.....	22
Figura 4 Clasificación de carreteras en función del TPDA según el MOP.....	38
<i>Figura 5</i> Velocidad de diseño (Km/h)	39
Figura 6 Curvas Circulares Simples.....	41
Figura 7 Fuerza centrífuga	42
Figura 8 Transición del peralte.	44
Figura 9 Gradiente longitudinal	45
Figura 10 Longitud mínima de transición	47
Figura 11 Desarrollo del peralte 1/3 dentro de la curva circular.....	47
Figura 12 Diagrama del peralte 1/3 en la curva circular	48
Figura 13 Etapas de transición del peralte	48
Figura 14 Sobre ancho de curvas	49
Figura 15 Sobre ancho en las curvas vehículos rígidos	50
Figura 16 Elementos geométricos que conforman la transición del sobre ancho	51
Figura 17 longitudes de transición y tangenciales	51
Figura 18 Distancia de visibilidad de parada	52
Figura 19 Distancia de visibilidad mínima	53
Figura 20 Distancia de visibilidad de frenado con gradiente variable	54
Figura 21 Distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de 2 carriles dos sentidos.....	55
Figura 22 Elementos de la distancia.....	56
Figura 23 Distancia mínima de visibilidad	57

Figura 24 Valores del diseño de visibilidad.....	58
Figura 25 La distancia de cruce calculada es de 205.92 m.	59
Figura 26 Gradientes	63
Figura 27 Curvas Verticales Convexas.	64
Figura 28 Curvas verticales.....	65
Figura 29 Valores mínimos de diseño del coeficiente K	65
Figura 30 Curva vertical cóncava	66
Figura 31 Curvas verticales cóncavas mínimas	67
Figura 32 Valores mínimos de diseño del coeficiente K para la determinación de longitud	68
Figura 33 Nivel de confiabilidad para varios tipos de carreteras.....	75
Figura 34 Valores de error normal combinado para pavimentos flexibles	76
Figura 35 Distribución temporal	77
Figura 36 Coeficiente de drenaje recomendados	78
Figura 37 Valores del coeficiente estructural (asb) para subbases granulares no-tratadas	79
Figura 38 Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas	80
Figura 39 Coeficiente de la capa de rodadura a1	81
Figura 40 Valores del coeficiente estructural (ar).....	82
Figura 41 Espesores de cada capa.....	82
Figura 42 Sección transversal típica.	84
Figura 43 Ancho de vía o calzada.....	84
Figura 44 Espaldones o bermas.	85
Figura 45 Taludes en corte y de 3:1 para taludes en relleno.....	86
Figura 46 Sección transversal de la vía, espesores resultados del diseño de la vía ...	87

Figura 47 Estaciones pluviográficas Ecuador	88
Figura 48 Zonificación de intensidades de precipitación.....	89
Figura 49 Coeficiente de escorrentía.....	92
Figura 50 Tramo de carretera.....	95
Figura 51 Sección típica.....	95
Figura 52 La cuneta de diseño	96
Figura 53 Velocidades máximas permisibles a la salida de la alcantarilla	98
Figura 54 Esquema de elementos hidráulicos para sección circular.....	101
Figura 55 Valores de coeficiente de magnitud.....	102
Figura 56 Control a la entrada de alcantarilla	103
Figura 57 Control a la entrada de la alcantarilla si H_e es mayor $1.25D$	104
Figura 58 Control a la salida de la alcantarilla.....	105
Figura 59 Cabezal tipo cajón y muros de cabecera.....	106
Figura 60 detalles de protección a la entrada y salida de las alcantarillas	106
Figura 61 Dimensionamiento	107
Figura 62 Dimensionamiento	108
Figura 63 Prismoide	110
Figura 64 Diagrama de masas	111
Figura 65 Medio Físico	124
Figura 66 Rangos de Temperatura	125
Figura 67 Matriz resumen de información climática	125
Figura 68 Cobertura vegetal y uso actual del suelo	126
Figura 69 Cuencas hidrográficas.....	127
Figura 70 Medio Biótico.....	128
Figura 71 Fauna	129

Figura 72 Evaluación del impacto en base a la Matriz de Leopold. 132

RESUMEN

El proyecto se localiza en la vía alterna que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patután perteneciente al cantón Latacunga, actualmente la vía se encuentra en muy malas condiciones, originando malestar al tránsito vehicular. Por ello, se ha realizado una actualización del inventario vial de la zona, realizando un levantamiento topográfico y un nuevo estudio del tráfico, dando como resultado una vía que se clasifica como Colectora clase II de una longitud total de 4.66km, se han realizado los diseños definitivos siguiendo las normativas vigentes en la República del Ecuador, y que están conformados por: estudios preliminares (geológico, geomorfológico, de tráfico, y de la subrasante), trazado de la línea de ceros, diseño geométrico (alineamiento horizontal y vertical), diseño del pavimento, diseño de estructuras de drenaje de arte menor, y análisis del movimiento de tierras. Finalmente, se determinaron las cantidades de obra y se realizó una estimación del costo de construcción aproximado

Palabras clave: diseño vial, vía colectora, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, pavimento, estructuras de drenaje, movimiento de tierras, presupuesto.

ABSTRACT

The project is located on the alternate road that connects the Saquisilí canton with the Patután parish belonging to the Latacunga canton, currently the road is in very bad condition, causing discomfort to vehicular traffic. Therefore, an update of the road inventory of the area has been carried out, carrying out a topographic survey and a new traffic study, resulting in a road that is classified as Class II Collector with a total length of 4.66km. definitive designs following the regulations in force in the Republic of Ecuador, and which are made up of: preliminary studies (geological, geomorphological, traffic, and subgrade), tracing of the zero line, geometric design (horizontal and vertical alignment), pavement design, design of minor art drainage structures, and earthworks analysis. Finally, the quantities of work were determined and an estimate of the approximate construction cost was made.

Keywords: road design, collector track, horizontal alignment, vertical alignment, pavement, drainage structures, earthworks, budget.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

El proyecto se localiza en la vía alterna que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga, actualmente la vía se encuentra en muy malas condiciones, originando malestar al tránsito vehicular.

Como consecuencia de esta situación el Gobierno Provincial de Latacunga, se ha visto en la necesidad de buscar una solución para mejorar las condiciones de vida de sus pobladores, y tiene como finalidad el diseño geométrico de esta vía para mejorar su estructura y su circulación vehicular, con todas las especificidades de las normas y las técnicas correctas.

No existen investigaciones ni estudios anteriores sobre esta vía, siendo preciso su realización y ejecución para avalar que la estructura de pavimento que sea colocada cuente con el soporte adecuado para que resista su tráfico vehicular.

En un estudio efectuado por Alarcón Vinicio establece que: "El diseño para las quebradas de todas las alcantarillas deben ser construidas en período de estiaje, sin embargo, las que sirvan solo para las aguas superficiales, se podrán confeccionar en períodos de poca intensidad de lluvia."

En el estudio ejecutado por Cevallos Sebastián revela que: "Por su particularidad de ser lisa la capa de rodadura de hormigón asfáltico, resulta más eficaz que la capa de rodadura de empedrado, debido a la irregularidad de los cantos rodados para los automotores."

1.1.1. Antecedentes

En la Universidad Técnica de Ambato se realizó un estudio por Chávez en el 2012 [1] con el objetivo de analizar el diseño geométrico y la estructura de la vía que une a la parroquia Diez de Agosto con la comuna Juan de Velasco, para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona. La metodología empleada fue de campo, bibliográfica y experimental, con una población de 97 moradores y una muestra de 72 habitantes. Fue efectuado el levantamiento topográfico con el empleo de una estación total, tomando a cada lado del eje de la vía un ancho de faja de 20m aprox. en áreas

donde la topografía lo permite y en lugares con un terreno que tenía inconvenientes como muy altos taludes o quebradas con pendientes grandes, para buscar la mejor alternativa en el trazo se levantó 6m de faja. Encontrando en los resultados de la encuesta aplicada que las condiciones de la actual vía no son las más adecuadas para el normal tránsito vehicular debido a que en el lastrado presenta desgaste. Concluyendo que al estar en servicio esta carretera, notablemente se incrementará, lo que traerá beneficio para la zona.

El objetivo de la presente investigación realizado en la Universidad Nacional de Chimborazo por Mora en el 2016 [2], fue estudiar el crecimiento urbano no planificado de la ciudad de Riobamba y su incidencia en los problemas de vialidad y tránsito e identificar los factores que han contribuido al mismo. Se logró conocer cómo ha sido el crecimiento de la ciudad de Riobamba y los factores que han influido para su estructuración urbana a partir de la información disponible. Metodológicamente, la propuesta tuvo como particularidad la asociación del componente espacial al análisis. Una vez efectuado el análisis y descrita la propuesta que ayudara a los problemas de vialidad que se dan a causa del crecimiento urbano no planificado, se recomienda a las entidades pertinentes que se hagan estudios frecuentes y organizacionales del crecimiento de la ciudad y así mismo se limiten acciones que hacen que la ciudad pierda su configuración.

La infraestructura vial de las comunidades Chico Copataza y Villaflora, parroquia Simón Bolívar y su repercusión en la calidad de vida de los pobladores, fue investigado por Campoverde en el 2015 [3], con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes, facilitando el desarrollo social y económico de la parroquia. Para conocer en que situaciones se encontraban las vías se realizó una observación de campo por medio de encuestas aplicada a sus pobladores, consecutivamente fue ejecutado un levantamiento topográfico. Procediendo al diseño vertical, horizontal, estructura del pavimento, alcantarillas, cunetas, con la elaboración de un cronograma, presupuesto referencial y valoración de los precios unitarios. Concluyendo que, con la entrega del proyecto al Gobierno Provincial de Pastaza y puesta en marcha, mejorará la calidad de vida de sus habitantes.

1.1.2. Justificación

Es conocida la importancia que tiene las vías de comunicación para el desarrollo de una nación. La implantación de rutas hasta los lugares más lejanos y recónditos no solo promueven el adelanto de esas zonas, además sirven como medio de integración de varios sectores que conforman una región.

Los países desarrollados cuentan con vías de comunicación los cuales integran el territorio nacional y su conexión internacional. A diferencia de los países en vías de desarrollo que dependen de la investigación científica y técnica para avanzar en este campo, estos países se caracterizan por sus nacientes redes viales. [4]

Patutan y sus alrededores son productores agrícolas y ganaderos de la región, pero por la despreciable condición que presenta la vía que une al cantón Saquisilí con la Parroquia Patutan, esto, ha impedido su desarrollo en todos los sectores, ocasionando malestar a los usuarios que transitan a diario por este sitio, malestares como emanación de polvo que se genera durante todo el recorrido, además de todos los daños que sufren los vehículos por la cantidad de baches existentes en la carretera.

Por las condiciones que presenta el camino, se consideró la importancia de realizar el diseño geométrico, este servirá de base para una futura ejecución del proyecto, además mejorara la movilización y comunicación, aumentara el flujo vehicular de manera positiva, el comercio se incrementara en la región, hará el recorrido en menor tiempo y con mayor comodidad, en un futuro podrían disponer de líneas de transporte para traslado de personas dentro y fuera del sector.

De la misma forma se conseguirá un desarrollo de las actividades agrícolas, mejorando la calidad de vida de sus habitantes, obteniendo un progreso socioeconómico de la región. [5]

“La inversión en infraestructura vial tiene una relación directa con el crecimiento económico. Es decir, que tener más y mejores vías de acceso a los municipios, genera mayor participación de los mismos en el producto interno del país. Debido a que tiene efectos en la construcción, la reducción de tiempos de viaje, la disminución de costos productivos, la accesibilidad a los mercados, entre otros. “llamadas Autopistas para la Prosperidad””. [6]

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Vías terrestres

Una ruta es un camino, una dirección o un curso que conecta un lugar con otro; un itinerario que define el camino recorrido para llegar a algún lugar. La expresión "trazar una ruta" se utiliza cuando se pretende definir una ruta o dirección para llegar al destino deseado.

Una vía de comunicación consiste en la definición de un recorrido compuesto por curvas, rectas, rotondas, cruces, intersecciones, así como las dimensiones del proyecto, con el fin de fluir el tráfico de vehículos de forma segura, cómoda y en el menor tiempo posible. Por lo tanto, es extremadamente importante definir y calcular todos los parámetros para cada componente de la ruta, para garantizar que la ruta de comunicación drene el tráfico de manera segura, sin crear áreas conflictivas que puedan causar accidentes [1].

Las vías de comunicación son indispensables para el desarrollo social, cultural, político y militar, los mismo que se relacionan entre sí.

Se puede decir que las vías de comunicación juegan el papel más importante en cuanto al desarrollo del Estado, en tiempo de paz la movilidad se torna de forma más rápida y eficaz, permitiendo desplazamientos ágiles que resultan positivos.

El alto costo resultante al desarrollar adecuados sistemas viales es el principal problema que acarrear algunos países, desafortunadamente se ha evidenciado que las políticas desarrolladas por estos países con respecto a los medios y vías de comunicación, por lo general han sido los que menor importancia han presentado, por esta razón, se ha detenido el desarrollo poblacional y económico. [7]

En el estudio civil se denomina al pavimento a la estructura que recibe las solicitaciones de tránsito y clima, las traspasa a las sub capas de este elemento de manera que pueda soportar tales situaciones sin sufrir deformaciones durante el periodo de vida útil para el que ha sido diseñado.

La utilización de la estructura descrita, involucra consideraciones de orden técnico y económico. Técnico por cuanto todas ellas resuelven en forma satisfactoria el traspaso de las cargas inducidas por el tránsito al terreno natural en respuesta a una

misma solicitud. El criterio económico queda definido por la mejor utilización de materiales adecuados para su uso en carreteras y que sean de fácil obtención en una determinada zona. [8]

Latinoamérica muestra un serio problema en cuanto a infraestructuras y vías de comunicación, esto representa una seria desventaja competitiva. Mientras que en países con un adecuado desarrollo en transporte los costos de traslado son menores.

El desarrollo de un país tiene que ver directamente con la investigación y el enfoque económico hacia las vías, la red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, salud y alimentación, la inversión más bien contaría como ahorro del Estado. [4]

1.1.3.2. Características de las vías terrestre en dependencia del terreno

De acuerdo al tipo de terreno

Terreno llano: superficie de tierra relativamente nivelada dentro de una región de mayor relieve, como colinas o montañas. Es decir, cuando no gobiernan pendientes en el trazado del camino [9].

Terreno Montañoso: en el trazado son dominado por las pendientes, terreno que está elevado por montañas; escabroso; que presenta notables desigualdades superficiales, siendo de carácter escarpado cuando la pendiente transversal del terreno es mayor al 50% y de carácter suave cuando dicha pendiente es menor o igual al 50% [10].

Terreno ondulado: son identificadas las pendientes del terreno, cuando la pendiente del terreno se identifica, sin excederse en el trazado con las pendientes longitudinales. que pueden darse [11].

De acuerdo a la función jerárquica

Corredores arteriales: también conocida como autopista o autopista de acceso duplicado / controlado, es una autopista destinada únicamente para el tráfico motorizado de alta velocidad, planificada con al menos dos carriles en cada sentido de flujo, separados por elementos físicos, con intersecciones desniveladas y acceso restringido intercambiadores de carreteras, con el flujo y entrada / salida de

automóviles totalmente controlado. Las autopistas proporcionan un flujo de tráfico libre, sin señales de tráfico, intersecciones o acceso a propiedades. Están libres de cualquier intersección con otras carreteras, vías férreas o caminos peatonales, que son transportados por pasos elevados y pasos inferiores que cruzan la carretera. La entrada y salida a la carretera son posibles únicamente mediante intercambios y rampas, lo que permite cambios de velocidad entre vías arteriales y colectoras. En este tipo de carreteras, las direcciones opuestas de movimiento suelen estar separadas (pero no necesariamente) por un terraplén central, como una franja de césped o piedras o una barrera de tráfico [12].

Vía colectoras: En el caso de los caminos colectores, tienen la función de recolectar y redistribuir el tráfico por toda la ciudad. Suelen conectar vías arteriales y rápidas con las locales.

Caminos vecinales: Estas vías son las carreteras que involucran todos los caminos rurales. Caminos particulares de dominio público y unen pueblos cercanos.

1.1.3.3. Vías urbanas

Tránsito rápido - caracterizado por accesos especiales con tráfico libre, sin intersecciones en nivel, sin accesibilidad directa a lotes vecinos y sin cruce peatonal en nivel [13].

Arterial - caracterizada por intersecciones a nivel, generalmente controladas por semáforos, con accesibilidad a lotes vecinos y a carreteras secundarias y locales, lo que permite el tráfico entre las regiones de la ciudad.

Recolector: diseñado para recolectar y distribuir el tráfico que necesita para entrar o salir de las rutas de tráfico rápido o arterial, permitiendo el tráfico dentro de las regiones de la ciudad.

Local: caracterizado por intersecciones a un nivel sin semáforo, destinado solo para acceso local o áreas restringidas.

1.1.3.4. Caminos rurales

Carretera - camino rural asfaltado.

Camino - camino rural sin pavimentar.

La velocidad máxima para cada una de estas rutas:

Para vías urbanas:

- Tráfico rápido: 80 km / h;
- Arterial: 60 km / h;
- Colector: 40 km / h;
- Ubicación: 30 km / h;

Para caminos rurales:

Autopista:

- Automóviles y camionetas: 110 km / h;
- Autobuses y minibuses - 90 km / h;

Otros vehículos: 80 km / h;

- Carretera: 60 km / h.

Clasificación Longitudinal: carreteras que están orientadas en dirección norte-sur. Transversales: carreteras que están orientadas en dirección este-oeste.

Conexiones: carreteras que conectan puntos importantes de dos o más carreteras, acortando la ruta.

Radial: carreteras que parten de un territorio y la conectan con otras capitales o puntos periféricos del país.

Diagonales: carreteras que se orientan en las direcciones noreste-suroeste y noroeste-sureste.

Accesos: carreteras que dan acceso a instalaciones federales, como complejos hidro-mineros, puntos de atracción turística, terminales marítimas, fluviales, aéreas o ferroviarias [14].

Tabla 1 Relación Función, Clase de carreteras, Tráfico Proyectado

Función	Clases de Carreteras	Tráfico Proyectado (TPDA)
CORREDOR	R – I ó R – II	más de 8000 vehículos
ARTERIAL	I	de 3000 a 8000 vehículos
VÍA	II	de 1000 a 3000 vehículos
COLECTORA	III	de 300 a 1000 vehículos
CAMINO	IV	de 100 a 300 vehículos
VECINAL	V	menos de 100 vehículos

Fuente: Parra (2012) [14]

De acuerdo al tráfico proyectado

Se recomienda la clasificación en función del pronóstico de tráfico para el diseño de las carreteras en el país para un periodo de 15 a 20 años.

Tabla 2 Clasificación de Carreteras según el MTOP

CALSES DE CARRETERAS	TRAFICO PROYECTADO (TPDA)
R-I ó R-II	Mas 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: Parra (2012) [14]

1.1.3.5. Tráfico

Los estudios de tráfico tendrán como objetivo evaluar la capacidad de tráfico de la autopista, por subtramo homogéneo, en el período de vida útil deseado, contado desde la liberación del tramo al tráfico, con base en diseño geométrico existente y estudios topográficos. A los efectos de este alcance, por subconjunto homogéneo, uno que tiene las mismas características físicas y operativas (geométrica, volumen y composición del tráfico) [15].

Con el aumento constante y global del número de vehículos, las carreteras son en la actualidad las principales arterias de las infraestructuras de transporte de las comunidades, proporcionando conexiones eficientes entre ciudades y localidades. Las soluciones diseñadas deben respetar todas las condiciones de seguridad y movilidad

requeridas para sus usuarios, los requisitos de calidad y rapidez de construcción, sostenibilidad en todo el ciclo de vida de la operación y minimizando el impacto ambiental, cumpliendo siempre con las expectativas y requisitos del cliente [16].

El tránsito es el uso de carreteras por vehículos motorizados, vehículos no motorizados, peatones y animales de tiro, con fines de circulación, parada de pasajeros o estacionamiento.

El diseño de proyectos de carreteras y autopistas es uno de los sectores con mayor experiencia y conocimiento de la empresa.

Así, el diseño geométrico de una carretera es el estudio de los elementos en planta, perfil longitudinal y sección transversal de una vía, en base a mecánicas y experimentos llevados a cabo, con el objetivo de dotar a los vehículos de condiciones de funcionamiento compatibles en cuanto a seguridad, comodidad y economía [9].

Depende de la necesidad de interconexión entre dos puntos, que rara vez se pueden conectar a través de una línea recta, ya que diferentes factores interfieren en la relación costo x beneficio.

Factores: diseño, construcción, expropiación, costos de mantenimiento, etc.

La planificación del transporte debe generar el plan vial que definirá la oportunidad de construir una carretera. La carrocería debe ajustarse armoniosamente a la topografía de la región, si es posible, sin agredirla. En definitiva, un buen proyecto debe satisfacer las necesidades de tráfico, respetar las características técnicas de un buen trazado y un buen perfil, estar en armonía con la región atravesada y, si es posible, tener un bajo costo [4].

Las necesidades, beneficios y costos deben definir las características básicas de la vía, tales como capacidad de tránsito, número de carriles y carriles de tránsito, velocidad de diseño, etc. La elección de las características debe permitir cierta flexibilidad, ya que las variaciones en el volumen o en las características del tráfico ciertamente se producirán durante la vida útil de la carretera.

En la fase preliminar se desarrollarán las siguientes actividades:

- Estudios ambientales.

- Determinación de las pautas de alternativas.
- Investigación complementaria.
- Determinación del tráfico actual y futuro.
- Evaluación de capacidad y niveles de servicio.
- Encuesta socioeconómica.
- Evaluación económica de beneficios.
- Procesos de evaluación económica de inversiones viales [14].

Determinación de pautas alternativas

Se debe determinar lo siguiente:

El área de influencia del estudio, zonas de tráfico, lineamientos técnicamente posibles, tráfico probable de varias alternativas, clase y patrón de ruta. Para este propósito, se pueden utilizar encuestas, información y otros datos disponibles sobre la región considerada, tales como:

Mapas, cartas geográficas, aerofotogrametría, estudios geológicos y geotécnicos, datos de recuento medidas volumétricas obtenidas de estudios de tráfico ya realizados en el área de interés en los estudios de viabilidad, y costos unitarios de construcción.

En esta fase se deben mantener contactos con las administraciones federal, estatal y municipal, presentes en el área de interés de los estudios, en el sentido de conocer posibles proyectos de diferente índole, que son ejecutado o programado simultáneamente, y que de alguna manera puede interferir con la implantación de carreteras [1].

1.1.3.6. Determinación del tráfico actual y futura

En posesión de las encuestas e investigaciones complementarias, los parámetros de tráfico actual, en cada alternativa por tipo de vehículo. Con esta información y el modelo del crecimiento del tráfico, determinado en el análisis socioeconómico, para proyectar el tráfico para el período de 20 años. Deben obtenerse

porciones estimadas de tráfico cautivo, generado y transferido. Deben presentarse los siguientes productos:

a) Indicación del factor pico de la hora k , con miras a estudios de capacidad de la pista.

b) Tabla de volumen de tráfico potencial, actual y futuro, para cada alternativa hasta el horizonte de 20 años del proyecto. Estos elementos deben considerar cada año y el tipo de vehículo (automóviles, autobuses y camiones).

c) Perfil de la variación estacional del tráfico, así como las variaciones medias a lo largo del día [4].

El tráfico permite establecer la clase de diseño.

- Volumen medio diario (VMD): Número promedio de vehículos que pasan por un tramo del camino por un día.
- Año del horizonte del proyecto horizonte: cierto año después de la apertura de la carretera, en el que sea posible proyectar la demanda de tráfico hasta cierto punto de fiabilidad (en general, 10 años).
- Previsión de tráfico en el año horizonte [9].

Ecuación 1 Fórmula del tráfico actual y futura

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha)^t$$

V = volumen de tráfico futuro.

V_0 = volumen de tráfico actual.

α = factor de crecimiento del tráfico anual.

t = número de años a considerar.

Tabla 3 Previsión de tráfico

CLASE	CARACTERÍSTICAS	VMD
-------	-----------------	-----

0	Autopista	Decisión administrativa
I_A	Pista doble	VDM>1400
I_B	Pista simple	VDM>1400
II	Pista simple	700 ≤ VDM ≤ 1400
III	Pista simple	300 ≤ VDM < 700
IV_A	Pista simple	50 ≤ VDM < 200
IV_B	Pista simple	VDM < 50

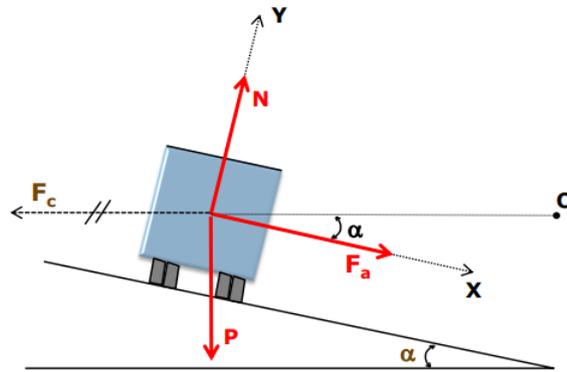
Características geométricas mínimas:

- Deben brindar seguridad al conductor en todos los puntos de seguimiento.
- Curvatura, súper-relevación, distancias de visibilidad [9].

Tabla 4 Características geométricas mínimas

CLASE	VELOCIDAD Km/h		
	PLANA	ONDULADA	MONTAÑOSA
0	120	100	80
I_A	100	80	60
I_B	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV_A	60	40	30
IV_B	60	40	30

Figura 1 VELOCIDAD Km/h



$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$F_a = N \cdot f_t$$

$$P = m \cdot g$$

Equilibrio en X

$$F_c \cdot \cos \alpha = P \cdot \sen \alpha + F_a$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \sen \alpha + N \cdot f_t$$

Donde:

$$N = P \cdot \cos \alpha + F_c \cdot \sen \alpha$$

Para:

$$\alpha \lll \Rightarrow \cos \alpha \approx 1 \text{ e } \sen \alpha \approx \tg \alpha$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g \cdot \tg \alpha + f_t \cdot m \cdot g + f_t \cdot \frac{m \cdot v^2}{R} \cdot \tg \alpha$$

$$v^2 = R \cdot g \cdot \tg \alpha + f_t \cdot g \cdot R + f_t \cdot v^2 \cdot \tg \alpha$$

$$v^2 - f_t \cdot v^2 \cdot \tg \alpha = R \cdot g \cdot (\tg \alpha + f_t)$$

$$\frac{v^2 \cdot (1 - f_t \cdot \tg \alpha)}{R \cdot g} = \tg \alpha + f_t$$

Como:

$$e = \tg \alpha = \text{ Súper-elevación}$$

Para: $f_t \lll$ e $e \lll \Rightarrow f_t \cdot \tg \alpha \approx 0$

$$R \cdot g = \frac{v^2}{e + f_t} \Rightarrow R = \frac{v^2}{g \cdot (e + f_t)}$$

Para: V (km/h) e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$$R = \frac{(v/3,6)^2}{9,8 \cdot (e + f_t)}$$

$$R = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e + f_t)}$$

1.1.3.7. Factores que influyen en la elección de la pista

Topografía: factor predominante para la elección de la ubicación de la vía, ya que tiene una influencia considerable en el movimiento de tierra, que es una parte significativa del costo de la vía. Las regiones topográficamente desfavorables llevan a la ejecución de grandes cortes y terraplenes, o incluso a la necesidad de costosas obras civiles como túneles y viaductos [9].

La topografía de una región se clasifica en tres grandes grupos:

Terreno llano cuando la topografía de la región es suficientemente suave, para permitir un proyecto con buenas condiciones de visibilidad, pequeño movimiento de tierra y sin necesidad de costosas obras.

Terreno ondulado cuando el terreno natural tiene pendientes poco pronunciadas y / o algunos escarpes ocasionales que requieren un movimiento de tierra medio.

Terreno montañoso cuando la topografía muestra cambios significativos en las elevaciones del terreno, requiriendo grandes movimientos de tierra y en ocasiones túneles y viaductos para obtener un perfil aceptable de la carretera [3].

1.1.3.8. Condiciones geológicas y geotécnicas

Dependiendo de la dureza del material a excavar, los costos de movimiento de tierras pueden aumentar considerablemente.

Los cortes que llegan al nivel freático pueden requerir obras de drenaje; Los problemas de estabilidad o contención de terraplenes pueden exigir obras costosas.

La estabilización de vertederos en suelos blandos también puede resultar costosa. Hidrología: El trazado debe evitar el cruce de ríos y arroyos en la medida de lo posible, a fin de evitar la construcción de obras civiles, como puentes y alcantarillas.

Si es necesaria la construcción de puentes, estos deben ejecutarse perpendiculares al río y en los lugares más estrechos.

Expropiaciones: Los costos pueden incrementarse por la existencia de mejoras, como construcciones, subdivisiones, etc [4].

Interferencias en el ecosistema: La carretera, por sus dimensiones, una gran extensión con un pequeño ancho, es generalmente un agente agresivo al medio ambiente.

La región que atraviesa se divide en dos áreas aisladas.

En regiones donde la preservación del medio ambiente es relevante, es necesario buscar rutas alternativas.

El diseñador debe minimizar los impactos ambientales de los movimientos de tierra [2].

1.1.3.9. Procedimientos para elegir el trazado de la carretera

- La identificación de problemas será un factor determinante en definición de la ruta definitiva.
- Acomodarse mejor a la topografía y estirar el mínimo posible extensión completa.
- La ruta puede desviarse de las pautas del proyecto.
- Después de realizar el primer cambio, pueden aparecer nuevas líneas y nuevos análisis, hasta que tenga un diseño que sea técnico y económicamente viable [9].

La ejecución del proyecto debe hacerse de la siguiente manera:

1. Examen del terreno a lo largo de la guía.
2. Identificación de puntos obligatorios.
3. Elección de puntos de intersección (PI) tangentes en planta.
4. Definición de coordenadas POI.
5. Cálculo de longitudes de tangente y deflexión (AC).
6. Elija los radios más convenientes para curvas circulares, para acomodar el camino a la topografía de la franja, evitando obstáculos conocidos.

7. Cálculo de las coordenadas de los puntos notables de las curvas: puntos de inicio (PC) y final de las curvas (PT).
8. Cálculo del replanteo de trazado (distancia entre pilotes de 20 m o 50 m), cuando no está definido, se usa 20/20 m.
9. Estudio del perfil del terreno en la ruta elegida.
10. Elección de los puntos de intersección de las rampas (PIV) en perfil.
11. Determinación de cuotas y participaciones del PIV elegido.
12. Cálculo de las rampas resultantes: pendiente y extensión.
13. Elección de curvas verticales: cálculo de dimensiones y estacas del inicio de la PCV y final de las curvas PTV [10].

1.1.3.10. Representación gráfica del proyecto

Diseño geométrico: es la fase que estudia las diversas características formas geométricas. Dependiendo de las leyes del movimiento, características operativas del vehículo, reacción conductores, seguridad y eficiencia de carreteras y volumen de tráfico.

La representación gráfica del diseño geométrico de una carretera es hecha por un conjunto de dibujos llamados: plan, perfil de secciones longitudinales y transversales.

El plan es la representación, en una escala conveniente, de la proyección de la carretera en un plano horizontal.

El perfil longitudinal es la representación, en una escala conveniente, de la intersección de la carretera con la superficie cilíndrica vertical que contiene el eje de la carretera.

Las secciones transversales son representaciones, en una escala conveniente, cortes de carretera realizados por planos verticales, perpendiculares al eje de la carretera. Por lo general, se encuentran en escalas completas y otros puntos donde sea necesario [13].

Cálculo de áreas de secciones cruzadas

1. Método geométrico.
2. Método mecánico.
3. Método analítico.
4. Método analítico simplificado.
5. Método computacional [9].

1.1.3.11. Pavimentación

A partir de los estudios geotécnicos, geológicos y la evaluación del pavimento existente, adoptando la siguiente secuencia:

- Diagnóstico.
- Definición de las soluciones funcionales a adoptar.
- Dimensionamiento de los tramos a rehabilitar [2].

El diagnóstico consistirá fundamentalmente en estudiar las causas del deterioro y establecer pautas que guiarán su recuperación. A partir de ahí, el segmento se dividirá en subsecciones homogénea, clasificada en función del comportamiento del pavimento en el campo, respecto a la condiciones superficiales y estructurales.

La solución para dimensionar el pavimento se obtiene mediante los métodos que se indican a continuación, en cualquier caso, se recomienda comparar los resultados obtenidos aplicando dos métodos, uno de los cuales debe ser DNER-PRO 011. Donde DNER es (directrices básicas para la preparación de estudios y proyectos de carretera) [9].

Tabla 5 Instrucción de servicio

Instrucción de servicio	Actividad
IS-211 Sustitución	Pavimento flexible
IS-212 Rehabilitación	Evaluación y cambio de tamaño de pavimento existente

La metodología recomendada en estas instrucciones de servicio es la siguiente:

Para la rehabilitación del pavimento existente se deben adoptar los siguientes criterios:

Tabla 6 Metodología para la rehabilitación del pavimento

Norma	Título
DNER-PRO 010	Evaluación estructural de pavimentos flexibles - procedimiento A
DNER-PRO 011	Evaluación estructural de pavimentos flexibles - procedimiento B
DNER-PRO 159	Restauración de suelos flexibles y semirrígidos
DNER-PRO 269	Restauración de suelos flexibles - TECNAPAV

a) proceder con el dimensionamiento del pavimento utilizando los métodos indicados en la tabla anterior;

b) adoptar espesores de las capas de refuerzo proporcionados por el método que mejor se adapte a las condiciones

funcional y estructural de cada segmento homogéneo;

c) comparar los costos de las alternativas y adoptar la más baja [9].

Rehabilitación

Consiste en un conjunto de estudios y proyectos desarrollados con el objetivo primordial de fortalecer el pavimento existente, agregando nuevas capas estructurales, reemplazando una o más capas del pavimento, tal que la estructura resultante pueda soportar económicamente la repetición de cargas por eje incidente, en condiciones de seguridad y comodidad para el usuario, durante el período del nuevo proyecto establecido [5].

Mejoras

Estudios y proyectos desarrollados y resultantes del diagnóstico del segmento realizado en el diseño preliminar y relacionados con problemas no directamente

concernientes con el pavimento existente, tales como: Mejoras de trazado para la eliminación de puntos críticos, duplicación de carril, construcción de calles laterales, implementación de terceros carriles, construcción y / o reubicación de intersecciones y accesos, cruces urbanos, fortalecimiento y ensanche de obras de arte especiales y construcción de pasarelas para paso de peatones [12].

Estudios de Tráfico

Estos estudios deben cubrir las siguientes actividades:

- Recopilación de datos históricos.
- Recuentos volumétricos, direccionales y clasificatorios.
- Pesaje de vehículos comerciales.
- Procesamiento de datos.
- Proyecciones de tráfico [9].

Al llevar a cabo estos estudios, deben adoptarse los siguientes criterios:

- Realizar conteos volumétricos y calificativos durante siete días consecutivos en periodos de 24 horas, en número de estaciones compatibles con la variación del caudal.
- Realizar recuentos direccionales en intersecciones problemáticas durante tres días como máximo críticos.
- Introducir correcciones de datos estacionales basadas en valores existentes.
- Adoptar factores de vehículos basados en pesos de tráfico disponibles o, de lo contrario, pesando durante siete días consecutivos. En estos pesajes, los pesos serán determinados por eje / conjunto de ejes de los diferentes tipos de vehículos que componen la flota que utiliza el tramo considerado.
- Adoptar una tasa de crecimiento de estudios económicos consistentes, o la existencia de datos históricos que permitir proyecciones confiables.
- Determinar el número N, número de operación equivalente del eje estándar, durante el período establecido para el proyecto, utilizando los coeficientes de equivalencia de carga por eje, recomendados en el dimensionamiento de pavimentos flexibles [2].

Estudios de seguridad vial

Los estudios de seguridad vial tienen como objetivo evaluar las condiciones operativas de la carretera bajo el enfoque en la seguridad vial. Los elementos obtenidos se utilizarán para asegurar que la rehabilitación incluya todas las medidas de ingeniería de tránsito necesarias para minimizar el riesgo de accidentes de tránsito ocurridos en el tramo en estudio, dentro del horizonte del proyecto. Para tanto, se deben realizar las siguientes actividades:

- Análisis de los datos existentes sobre accidentes ocurridos en el tramo.
- Encuesta de datos complementarios sobre accidentes ocurridos.
- Inspección técnica y diagnóstico de la sección.
- Determinar las causas de los accidentes.
- Análisis de los riesgos de accidentes según la evolución del tráfico.
- Estudio de las medidas de tráfico para corregir las causas de accidentes [7].

Estudios geológicos

El objetivo principal de los estudios geológicos es:

- La ubicación de ocurrencias de material para pavimentar;
- Estudio de estabilidad de terraplenes de desmonte, desagües y cajas de préstamo.

Estudios hidrológicos

Deben tener los siguientes propósitos:

- Proporcionar elementos para el proyecto de drenaje.
- Proporcionar elementos para determinar los costos de construcción y para el plan de ataque de la obra.

Estudios geotécnicos

Los estudios de campo para la evaluación del pavimento estarán precedidos por una intensa investigación en el distrito de carretera y oficinas de inspección, relacionados con proyectos anteriores realizados en carreteras bajo su jurisdicción, con el fin de elaborar el estudio de la estructura histórica y actual del pavimento, registrando todas las intervenciones de conservación y mantenimiento y rehabilitación

previstas y realizado en cada tramo. Los estudios geotécnicos del pavimento existente, a efectos de diseño preliminar, deben cubrir la realización de estudios de campo con el objetivo de determinar las condiciones funcionales y estructurales [9].

Estudios topográficos

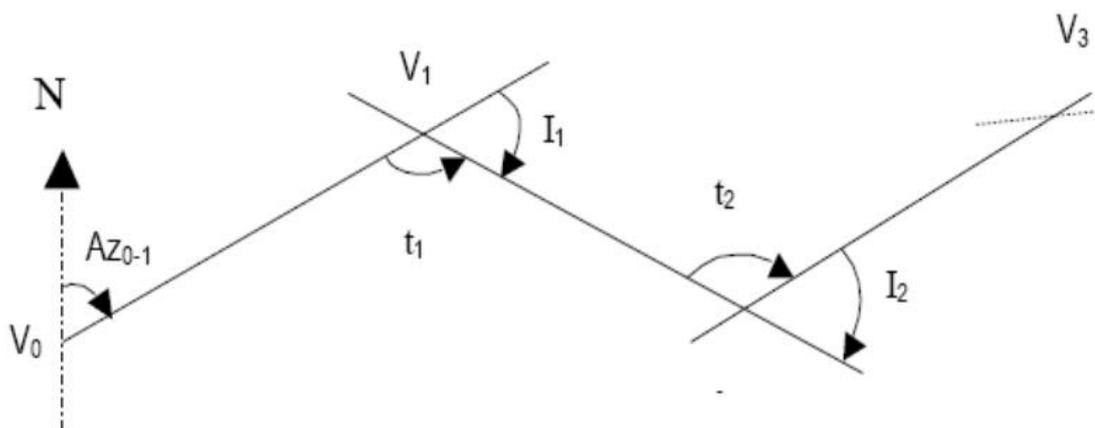
Los estudios topográficos tendrán como objetivo relevar las características geométricas de la carretera existente; se realizará por método topográfico convencional [5].

Cálculo de azimut

Al determinar ángulos en los vértices de una poligonal, puedes medir diferentes tipos de ángulos, que son: ángulos topográficos (directos o retrógrados), o ángulos de deflexión [9].

El ángulo de deflexión (denominado simplemente deflexión) en un vértice, es la medida de cuánto se desvía cuando se mueve de la alineación anterior a la siguiente en ese vértice; por lo tanto, hay dos tipos de deflexión: la deflexión a la derecha y la deflexión a la izquierda, de acuerdo con la dirección verificada en la trayectoria.

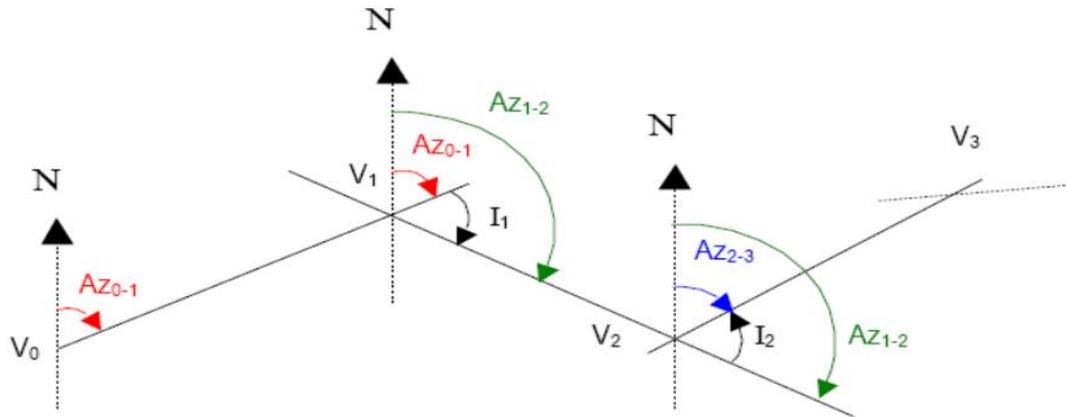
Figura 2 Ángulo de deflexión



En la figura 2, el ángulo I_1 es la deflexión (derecha) en el vértice V_1 y el ángulo I_2 es la desviación (izquierda) en el vértice V_2 . El ángulo t_1 es el llamado ángulo vista topográfica en el vértice V_1 , siendo el ángulo t_2 el ángulo topográfico retrógrado en el vértice V_2 [9].

Deflexiones y azimuts en poligonales orientados

Figura 3 Deflexiones y azimuts en poligonales orientados



$$AZ_{1-2} = AZ_{0-1} + I_1$$
$$AZ_{2-3} = AZ_{1-2} - I_2$$

Si una poligonal orientada se refiere a un sistema de ejes cartesianos cuyo eje de ordenadas coincide con la orientación norte (N) y cuyo eje de abscisas coincide con el este (E), se pueden determinar analíticamente las coordenadas de los puntos cartesianos de cualquier punto de la poligonal, siempre que se conozcan las coordenadas de un punto de la poligonal, las longitudes a lo largo de las alineaciones, y los azimuts de estas alineaciones. Asumiendo que las coordenadas absolutas X_A y Y_A de un punto A, puede calcular fácilmente X_B e Y_B absolutos del punto B, para a través de las siguientes relaciones:

$$X_B = X_A + L_{AB} \cdot \text{sen} (AZ_{A-B})$$

$$Y_B = Y_A + L_{AB} \cdot \text{cos} (AZ_{A-B})$$

1.1.4. Diseño geométrico

El diseño geométrico de una carretera es el estudio de los elementos en planta, perfil longitudinal y sección transversal de una vía, en base a mecánicas y experimentos llevados a cabo, con el objetivo de dotar a los vehículos de condiciones de funcionamiento compatibles en cuanto a seguridad, comodidad y economía [9].

Diseño geométrico

- Proyecto de movimiento de tierras
- Pavimentación
- Obras de arte
- Drenaje
- Expropiación
- Intersecciones
- Señalización
- Ambiental Impacto ambiental, etc.

Elección de ruta

Prioridades de conexión según datos socioeconómicos

- Demanda de tráfico.
- Evite tramos rectos largos (~ 2 a 3 km).
- Fatiga y cansancio.
- Impacto de la iluminación de los faros por la noche.

Topografía

- Función de movimiento de tierra.
- Armonía con la topografía de la ubicación.

Geología/Geotecnia

- Estabilización de cortes de tierra y vertederos desfavorable (rocas, suelos blandos, etc.).

Hidrología

- Régimen de precipitaciones, masas de agua superficiales, etc.
- Drenajes, obras de arte, etc.

Expropiación

- Mejoras en el rango de despliegue.

Beneficio social

Impacto en el medio ambiente

Etapas para el diseño

1. Reconocimiento de la región.
2. Posibles ubicaciones de tránsito.
3. Levantamiento de obstáculos topográficos, geológicos, hidrológico.
4. Recolección de datos.
5. Mapas, gráficos, fotografías aéreas, topografía, datos socioeconómicos, de tráfico, estudios previos, etc.
6. Escala 1: 10,000 (al menos).
7. Levantamiento de posibles alternativas.
8. Diseño de la autopista: representa espacialmente la autopista (plano y perfil).
9. Directriz de diseño: amplia variedad de terreno a lo largo y diseño de la carretera [9].

1.1.5. Hipótesis

El diseño geométrico de la vía alterna que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga mejorará la calidad de vida de los pobladores.

2.1.Objetivos

1.1.6. Objetivo General

- Realizar el diseño geométrico de la vía que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga.

1.1.7. Objetivos Específicos

1. Valorar las condiciones actuales en las que se encuentra la vía a través del levantamiento topográfico y estudio del tráfico.
2. Realizar el cálculo y diseño hidráulico que requiera la vía.
3. Desarrollar el diseño de pavimento flexible necesaria para la vía.
4. Facilitar la circulación vehicular y traslado de pobladores del sector.
5. Compilar información de carácter social y económico del sector.
6. Determinar el presupuesto del proyecto.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1.Modalidad básica de la investigación

Los tipos de investigación realizados son: de campo, bibliográfica y experimental.

La investigación de campo es el proceso que, mediante el método científico, proporciona el logro de nuevos conocimientos relacionado con un tema, vinculado con la realidad social. Se realiza en el lugar donde se encuentra el objeto de estudio.

La investigación de campo consiste en la recolección de información directamente de la realidad donde ocurren los eventos (datos primarios), sin manipular o controlar ninguna variable, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. [17]

La investigación bibliográfica constituye una etapa de la investigación científica donde se intenta estudiar qué ha escrito la comunidad científica acerca de una situación o tema específico. Es la segunda etapa de la investigación científica, [18].

Esta búsqueda permite apoyar la investigación y evitar emprender investigaciones ya realizadas, además es posible analizar el conocimiento de experimentos ya practicados para repetirlos si resulta necesario, además de seguir con investigaciones interrumpidas o incompletas, igualmente busca información para conformar el marco teórico sobre la problemática que se estudia.

La investigación experimental se caracteriza por manipular directamente variables relacionadas con el objeto de estudio y tiene como objetivo probar hipótesis que se relacionan con la creencia del investigador. Así, la manipulación en la cantidad y calidad de las variables proporciona el estudio de la relación entre causas y efectos del fenómeno, pudiendo controlar y evaluar los resultados de estas relaciones. De esta forma, la investigación experimental pretende decir cómo o por qué se produce el fenómeno [19]. Para ello, involucra grupos de control, selección aleatoria y manipulación de variables.

Para el proyecto de tesis Diseño Geométrico de la vía alterna que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga y su efecto en la calidad de vida de los pobladores, se prevé la utilización de investigación bibliográfica y de campo, la cual servirá de ayuda para la finalización de la investigación, entre ella el cálculo y diseño hidráulico, diseño de pavimento, y criterio de uso señales de tránsito.

La investigación de campo fue realizado a través de:

- Obtención de datos mediante levantamiento topográfico.
- Análisis y determinación de rutas.
- Encuestas a la comunidad para determinación de efectos socio económicos.

2.2.Niveles de Investigación

Descriptivo:

Los estudios descriptivos procuran detallar las propiedades, las peculiaridades y los perfiles de los individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que sea sometido a un análisis. Es decir, exclusivamente intentan medir o acopiar información de forma independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se representan, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas [18].

Exploratorio:

Los estudios exploratorios son realizados cuando se desea hacer una exploración sobre un determinado problema que ha sido poco investigado. En esta investigación se realizará un estudio detallado sobre el diseño geométrico de la vía que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga.

2.3.Métodos

Método analítico- sintético

Radica en la descomposición mental del objeto estudiado en sus diferentes elementos o partes componentes para conseguir nuevos conocimientos acerca de dicho objeto [19]. Bajo este panorama se realizó un marco teórico con conceptos que permiten presentar una información suficiente para el desarrollo del tema por parte del investigador.

Método deductivo

El método hipotético - deductivo se emplea habitualmente en la vida común como en la investigación científica, es el camino lógico para encontrar la solución a los problemas planteados, reside en formular hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con ellas [20].

2.4.Población y muestra

Está conformado por los habitantes de la vía que une al cantón Saquisilí con la parroquia Patutan perteneciente al cantón Latacunga y que cuentan aproximadamente con 100 moradores.

Para el tamaño de la muestra se empleó la siguiente fórmula estadística:

$$N = \frac{z^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * P * Q}$$

Donde:

N= Tamaño de la población	100
Z ² = Nivel de confianza	1,96
P= Proporción real estimada de éxito	50%
Q= Proporción real estimada de fracaso	50%
e = Error	5%

Desarrollo:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,50 * 0,50 * 100}{0,05^2(100 - 1) + 1,96^2 * 0,50 * 0,50}$$

n= 80

La muestra estuvo conformada por 80 habitantes.

2.5.Operacionalización de las variables

Variable dependiente

Diseño geométrico

Tabla 7 Operacionalización de las variables

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
El Diseño Geométrico consiste en un conjunto de procesos para la construcción de formas geométricas y resolución de problemas.	Diseño geométrico	Horizontal	-Estación total -GPS
		Vertical	-Normas MTOP -Civil3D
	Diseño del pavimento flexible	Tráfico	Técnica: -Observación
		Suelo	-Muestras de suelo Instrumento: -Ensayo de suelo

Variable independiente

Calidad de vida de los pobladores

Tabla 8 Operacionalización de las variables

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Percepción que tiene el individuo de su inserción en la vida, en el contexto de la cultura y los sistemas de valores en los que vive y en relación con sus metas, expectativas, estándares e inquietudes.	Social	Comercio	Observación
		Educación	
	Económico		Encuesta
		Salud	

2.6. Plan de Recolección de Datos

Como primer trabajo de campo se ejecutó el levantamiento topográfico con el fin de establecer el alineamiento vertical, horizontal y la sección transversal de la vía que se iba a mejorar. El levantamiento topográfico fue realizado empleando una estación total, tomando un ancho aproximado de faja de 20m para cada lado del eje de la vía en aquellas áreas donde la topografía lo permitía y en espacios con un terreno que presentaba inconvenientes como quebradas con grandes pendientes o taludes muy elevados, fueron levantadas 6m de faja, para procurar en el trazado la mejor alternativa. Fueron recolectadas muestras de suelo para efectuar los ensayos respectivos, que son precisos para establecer su capacidad portante. Se estableció el número y tipo de vehículos que circulan por el sector por medio de un formulario.

2.7. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Para el procesamiento y análisis de los resultados en primer lugar se partirá de técnicas de tabulación, agrupación y síntesis de los resultados adquiridos. De este modo se reunirán los datos en correspondencia a los ítems observados.

Igualmente, se efectuarán tabulaciones de los resultados generales con sus porcentajes correspondientes por aspectos desarrollados teniendo en cuenta los datos que se obtengan del programa estadístico SPSS versión 25 y consecutivamente se realizarán los gráficos correspondientes para conseguir una visualidad distinta de los resultados e instituir comparaciones e interpretaciones que estimara cada uno de los elementos. Se utilizará la estadística inferencial para comprobar la hipótesis.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados. (En correspondencia con la metodología utilizada).

El TPDO es la relación entre el número de vehículos contados en un periodo de tiempo para ese mismo periodo de tiempo.

Del conteo realizado durante 12 horas del día los 7 días de la semana se ha obtenido la siguiente tabla resumen de resultado.

Tabla 9 Conteo de vehicular.

Día	Estación	Vehículos Livianos	PESADOS					TOTAL, POR DIRECCIÓN	TOTAL
			2DA	2DB	3A	V2DB	T3 - S2		
Lunes	NN	688	104	157	34	37	48	1068	
Martes	NN	555	118	126	27	24	30	880	
Miércoles	NN	834	128	132	27	18	37	1176	
Jueves	NN	731	128	113	16	15	28	1031	6045
Viernes	NN	377	110	110	13	20	26	656	
Sábado	NN	352	98	102	11	12	24	599	
Domingo	NN	372	110	110	11	11	21	635	
	TPDO	3909	796	850	139	137	214	6045	

Para transformar estos valores a TPDS se ha multiplicado por un factor de expansión o factor noche de 1,3 para ello se tomó como referencia los valores establecidos por la dirección de estudios del MTOP para el año 2014 indicados en el trabajo de Cordova H. [21].

$$TPDS = \frac{TPDO \times fn}{7}$$

Para ejemplificar el uso de este factor se utilizó la muestra dada para para el tipo 2DA.

$$TPDS = \frac{796 \times 1,30}{7} = \frac{1035}{7} = 147,83 \approx 148 \text{ Vehículos}$$

Se calcula el factor semanal considerando el número de semanas del mes de febrero que es el mes con menos semanas del año, con fs = 1, para el resto de meses

depende de si existen 30 o 31 días, dando para el mes de noviembre un factor semanal de 1,03.

$$fs = \frac{4,29 * 1,00}{4,14} = 1,03$$

En la tabla indicada a continuación se indica el factor semana para cada mes del año.

Tabla 10 Factor semana para cada mes del año

MES	N° SEMANAS	FS
Enero	4.43	1.07
Febrero	4.14	1.00
Marzo	4.43	1.07
Abril	4.29	1.03
Mayo	4.43	1.07
Junio	4.29	1.03
Julio	4.43	1.07
Agosto	4.43	1.07
Septiembre	4.29	1.03
Octubre	4.43	1.07
Noviembre	4.29	1.03
Diciembre	4.43	1.07

El transito promedio diario mensual TPDM, se obtiene al multiplicar el TPDS por el factor semana fs.

$$TPDM = TPDS * fs$$

Continuado con el mismo tipo 2DA para el ejemplo de cálculo.

$$TPDM = 152 * 1,03 = 163 \text{ Vehículos}$$

El transito promedio diario anual TPDA, es el resultado de multiplicar el transito promedio diario mensual por un factor mensual “fm”, este factor también ha sido referenciado por la dirección de estudios del MTOP para el año 2014 indicados en el trabajo de Cordova H. [21], este factor mensual es de 0,953.

$$TPDA = TPDM * fm$$

Continuado con el ejemplo de cálculo.

$$TPDA = 163 * 0,953 = 155 \text{ Vehículos}$$

Este proceso se realiza para todas las clases de vehículos indicadas en la tabla.

El volumen promedio diario de vehículos que circula por la vía del proyecto se calcula únicamente promediando el valor del conteo realizado durante la semana y multiplicando por el factor noche

$$VMD = \text{promedio de los 7 días} * fn$$
$$VMD = 103,7 * 1,3 = 147,8 \text{ vehículos.}$$

ESTUDIO DEL TRÁFICO

3.1. Proyección del tráfico actual.

El tránsito en función de la vida útil de la carretera la normativa MOP indica que el pavimento tiene una variación de vida esperada de 15 – 20 años máximo. Por lo que se estable como periodo de diseño 15 años para el diseño geométrico.

$$TPDA \text{ futuro} = TPDA * (1 + i)^n$$

Dónde:

n = número de años de proyección vial.

i = tasa de crecimiento vehicular.

TPDA = tráfico promedio diario anual.

Para este proyecto las tasas de crecimiento vehicular se han obtenido mediante un estudio previo realizado por la dirección de estudios del MTOP para el año 2014, correspondientes a la provincia de Cotopaxi.

Tabla 11 Estudios del MTOP

Años	livianos %	Buses %	Pesados %
2010-2015	4.47	2.22	2.18

Fuente: MTOP Departamento de vialidad.

Ejemplo de cálculo para vehículos livianos

$$TPDA \text{ futuro} = TPDA * (1 + i)^n$$

$$TPDA \text{ futuro} = 713 * (1 + 0.0447)^{15}$$

$$TPDA \text{ futuro} = 1373 \text{ vh}$$

Tabla 12 Vehículos Livianos

Estación	Vehículos Livianos	PESADOS					Total
		2DA	2DB	3A	V2DB	T3 - S2	
TPDA actual	713	145	155	25	25	39	1102

Tabla 13 Vehículos Livianos

Estación	Vehículos Livianos	PESADOS					Total
		2DA	2DB	3A	V2DB	T3 - S2	
TPDA 15 años	1373	201	215	35	35	54	1913

3.1.1. Tráfico generado (TG).

Tráfico generado es el volumen vehicular que resulta por el desarrollo socio económico de la zona de influencia. Además, el MTOP expresa que el tráfico generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarán sólo si las mejoras propuestas ocurren. Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera. (Ministerio de transporte y obras públicas, 2003, págs. iv-13)

$$TG = (5\% - 25\%) * TA$$

Donde:

TG: tráfico generado.

TA: tipo de vehículo.

Para el presente estudio se asumirá un tráfico generado del 15 %.

3.1.2. Tráfico atraído o desarrollado. (TD).

Es el volumen de tránsito que, sin cambiar su origen ni su destino puede ocupar la futuravía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes. (Moreno Armijos, 2014, pág. 30).

Este tráfico se genera por la incorporación de nuevas áreas de urbanidad o de producción de tierras las cuales se localizan dentro del área de influencia del proyecto. La normativa AASHTO establece que el tráfico desarrollado se encuentra entre los siguientes rangos:

$$TD = (5\% - 8\%) * TA$$

Donde:

TD: tráfico desarrollado.

TA: tipo de vehículo.

Para el presente estudio se asumirá un tráfico generado del 5 %

3.1.3. Tráfico desviado. (Td).

Es aquel volumen de tráfico que se produce por la entrada en servicio de la nueva carretera en razón de ahorros en costos de operación y de movilidad. La normativa AASHTO establece que el tráfico desviado se encuentra entre los siguientes rangos:

$$Td = (5\% - 8\%) * TA$$

Donde:

Td: tráfico desviado.

TA: tipo de vehículo.

Para el presente estudio se asumirá un tráfico generado del 5 %

3.2. Tráfico de diseño

En función de los porcentajes determinados con anterioridad, se realiza el análisis para la estimación del tráfico de diseño, para el año inicial y los diferentes periodos de diseño utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Tráfico diseño} = TPDA + TG + TD + Td$$

Ejemplo de cálculo para vehículos livianos

$$\text{Tráfico diseño} = 1373 + (1373 * 0.15) + (1373 * 0.05) + (1373 * 0.05)$$

$$\text{Tráfico diseño} = 1373 \text{ vh}$$

En la siguiente tabla se ve el tráfico de diseño para la vía

Tabla 14 Tráfico de diseño para la vía

Estación	Vehículos Livianos	PESADOS					Total
		2DA	2DB	3A	V2DB	T3 - S2	

TPDA de diseño	1531	224	240	39	38	60	2132
----------------	------	-----	-----	----	----	----	------

3.3. Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico.

Es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por uno o más carriles para cada sentido de circulación, no incluye los espaldones.

Clasificación de carreteras en función del TPDA según el MOP

Figura 4 Clasificación de carreteras en función del TPDA según el MOP

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

CUADRO III-2 RELACION FUNCION, CLASE MOP Y TRAFICO

FUNCION	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
VECINAL	IV	100 – 300
	V	< 100

Con TPDA de diseño de 2132 veh/día, según la MOP la vía es una carretera colectora de clase 2.

3.4. Velocidad de diseño

Es la velocidad con la cual un vehículo puede circular por la carretera en condiciones de seguridad, además es función para calcular los elementos geométricos de la vía tanto horizontal como vertical.

3.4.1. Velocidad de diseño (Km/h)

Figura 5 Velocidad de diseño (Km/h)

		VELOCIDAD DE DISEÑO											
		Básica				Permisible en tramos difíciles							
		Relieve llano				Relieve ondulado				Relieve Montañoso			
Categoría de la vía	TPDA esperado	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.	
		Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.
R I o R II	8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	80	80
I	3000 a 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000 a 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	300 a 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100 a 300	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

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

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003

De acuerdo con (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003), para una vía colectora clase III, que tiene un relieve llano, le concierne una velocidad de diseño “VD” recomendada de 90 Km/h.

3.4.2. Velocidad de circulación.

Es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y además es una medida de la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, pág. 30).

$$Vc = 1.32 * VD^{0.89}$$

$$Vc = 1.32 * 90^{0.89}$$

$$Vc = 72.42 \text{ Km/h}$$

CAPITULO IV DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1. Diseño del Alineamiento Horizontal

El diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

El diseño se realiza ubicando en primer lugar las tangentes y luego las curvas, cumpliendo ciertos parámetros de diseño. Para optimizar dicho diseño, previo al trazado de las tangentes, se ha realizado el trazado de la línea de ceros para todas las vías de reposición.

4.1.1. Tangentes Horizontales

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. (Cárdenas Grisales, 2013).

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.

4.1.2. Curvas Circulares Simples

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 38).

En la siguiente figura aparecen los diferentes elementos geométricos que conforman una curva circular simple, tomando en cuenta el sentido de avance de izquierda a derecha, estos elementos son:

Figura 6 Curvas Circulares Simples

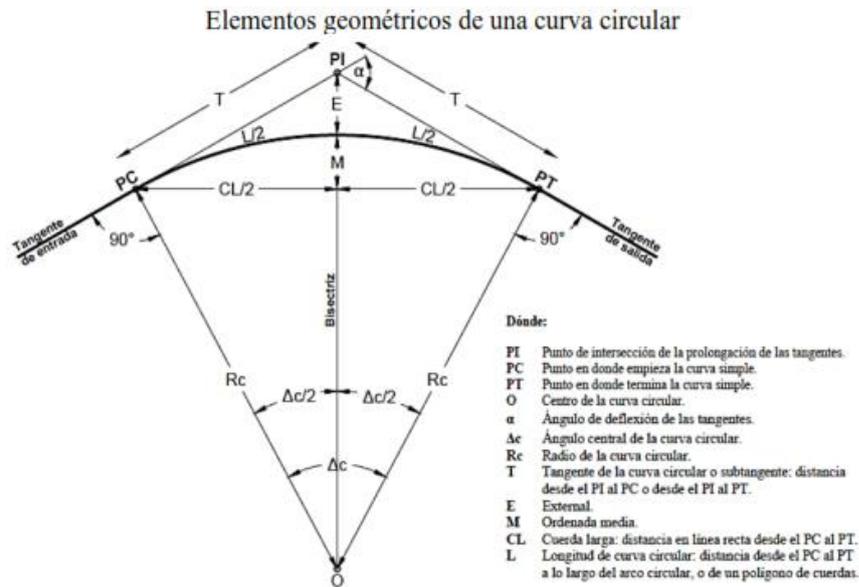


Figura 34. Elementos geométricos que conforman una curva circular simple
Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras , 2003, pág. 38)

Peralte de curvas (e).

Es la inclinación transversal de la calzada que se dan en las curvas horizontales para absorber parte del valor de la fuerza centrífuga, esta fuerza ocasiona peligro en la estabilidad del vehículo en marcha, éste fenómeno es contrarrestado por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, el peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada por las llantas en contacto con la calzada y así impedir el deslizamiento trasversal del vehículo. Para el cálculo de este valor se utiliza la fórmula descrita a continuación.

Dónde:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

e: pendiente transversal de la calzada (m/m)

V: velocidad de diseño (Km/h)

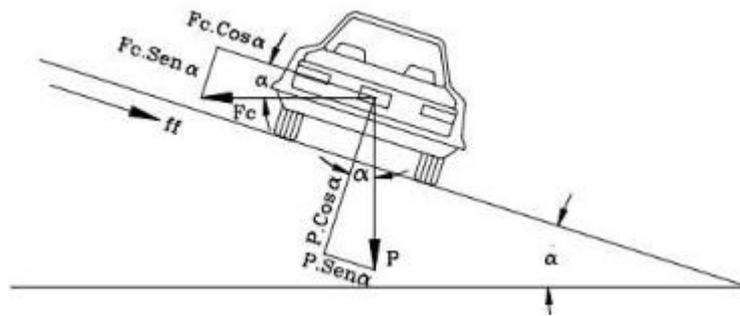
R: radio (m)

f: coeficiente de fricción transversal

En las normas MOP-2003 se establece como peralte máximo el 10% para carreteras de dos carriles y para caminos vecinales del 8%.

4.1.3. Fuerza centrífuga

Figura 7 Fuerza centrífuga



Podemos calcular la fuerza centrífuga con la siguiente ecuación

Donde:

$$F_c = \frac{P * V^2}{g * R}$$

P: Peso

Fuente: Diseño geométrico de Carreteras, 2013, J. Cárdenas

g: Aceleración de la gravedad

R: Radio de la curva.

V: Velocidad.

4.1.4. Coeficiente de fricción

De acuerdo con la AASHTO, el valor del coeficiente de fricción f correspondiente al peralte máximo de una curva viene dado por la expresión:

$$f = 0.19 - 0.000626 V$$

Dónde:

V= velocidad de diseño (Km/h)

f= coeficiente de fricción transversal

$$f = 0.19 - 0.000626 * 90$$

$$f = 0.134$$

4.1.5. Radio mínimo de curvatura horizontal (R).

Es el menor valor de radio que se puede adoptar en el diseño, además es el límite para la velocidad de diseño dada por el vehículo, calculado a partir del peralte máximo y del coeficiente de fricción transversal máxima (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 194). El radio mínimo de curvatura en situaciones de seguridad se determina con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

e: pendiente transversal de la calzada (m/m)

V: velocidad de diseño (Km/h)

R: radio (m)

f: coeficiente de fricción transversal

Por lo tanto, el radio de curvatura mínimo será: 272.96 m

VELOCIDAD (Km/h)	f	RADIO MÍNIMO CALCULADO				RADIO MÍNIMO RECOMENDADO			
		10%	8	6%	4%	10%	8%	6%	4%
20	0,350	-	7	8	8	-	20	20	20
25	0,315	-	13	13	14	-	20	25	25
30	0,284	-	20	21	22	-	25	30	30
35	0,255	-	29	31	33	-	30	35	35
40	0,221	-	42	45	48	-	42	45	50
45	0,206	-	56	60	65	-	58	60	66
50	0,190	-	73	79	86	-	75	80	90
60	0,165	107	116	126	138	110	120	130	140
70	0,150	154	168	184	203	160	170	185	205
80	0,140	210	229	252	280	210	230	255	280
90	0,134	273	298	329	367	275	300	330	370
100	0,130	342	375	414	463	350	375	415	465
110	0,124	425	467	518	581	430	470	520	585
120	0,120	515	567	630	709	520	570	630	710

NOTA:
Se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:
- aprovechar infraestructuras existentes
- relieve difícil (escarpado)
- caminos de bajo costo

Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras , 2003. pág. 37)

4.1.6. Grado de curvatura (G_c)

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, su fórmula es la siguiente:

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

$$G_c = \frac{1145,92}{273}$$

$$G_c = 4,14 \text{ m}$$

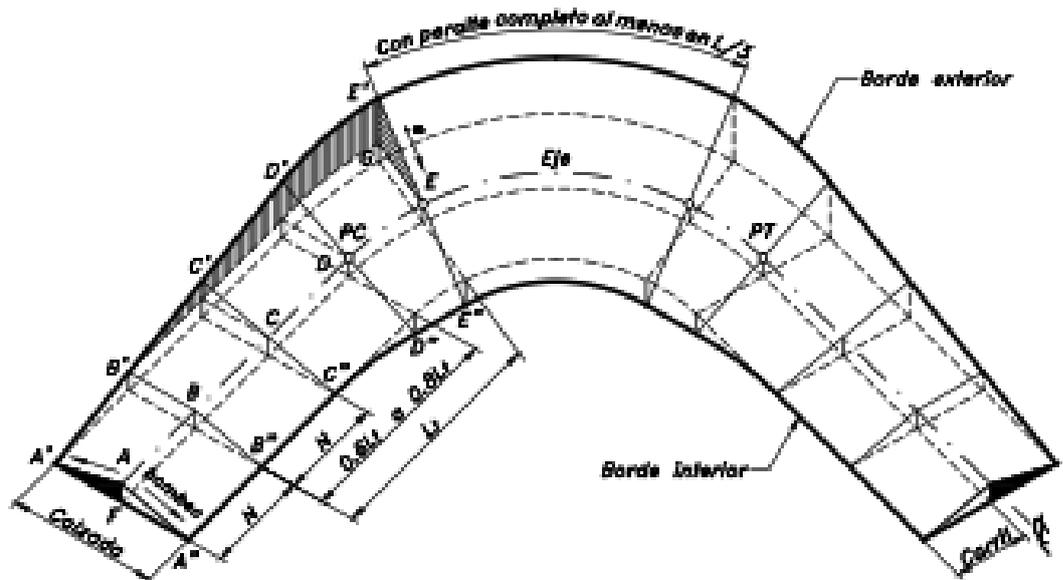
4.1.7. Transición del peralte.

Es el tramo transversal de la vía donde se efectúa el cambio de inclinación de la calzada

entre el bombeo normal al peralte (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 199).

A continuación, se muestra de forma esquemática, la transición del peralte de una curva circular:

Figura 8 Transición del peralte.



Donde:

Lt: longitud de transición.

N: longitud de aplanamiento.

L: longitud de la curva circular.

E: peralte de la curva.

Figura 9 Gradiente longitudinal

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
V_D, 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

4.1.8. Longitud de transición

Se considera desde aquella sección transversal donde el carril exterior se encuentra a nivel o no tiene bombeo, hasta aquella sección donde la calzada tiene todo su peralte. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 200)

$$Lt = \frac{b * e}{2 * i}$$

Donde:

Lt = Longitud de transición.

e = Peralte necesario de la curva circular.

i = Gradiente de borde.

b = Ancho de calzada.

$$Lt = \frac{7.30 * 8}{2 * 0.47}$$

$$Lt = 62.12 \text{ m}$$

4.1.9. Longitud de aplanamiento

Es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 200)

$$N = \frac{b * P}{2 * i}$$

Donde:

N: Longitud de aplanamiento.

e. Peralte necesario de la curva circular.

b: Ancho de calzada.

i: Gradiente de borde.

P: Pendiente transversal del camino.

$$N = \frac{7.30 * 0.02}{2 * 0.47}$$

$$Lt = 15.53 \text{ m}$$

De acuerdo con (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003), la longitud de transición es de 78m y la longitud de aplanamiento es de 16 m.

Figura 10 Longitud mínima de transición

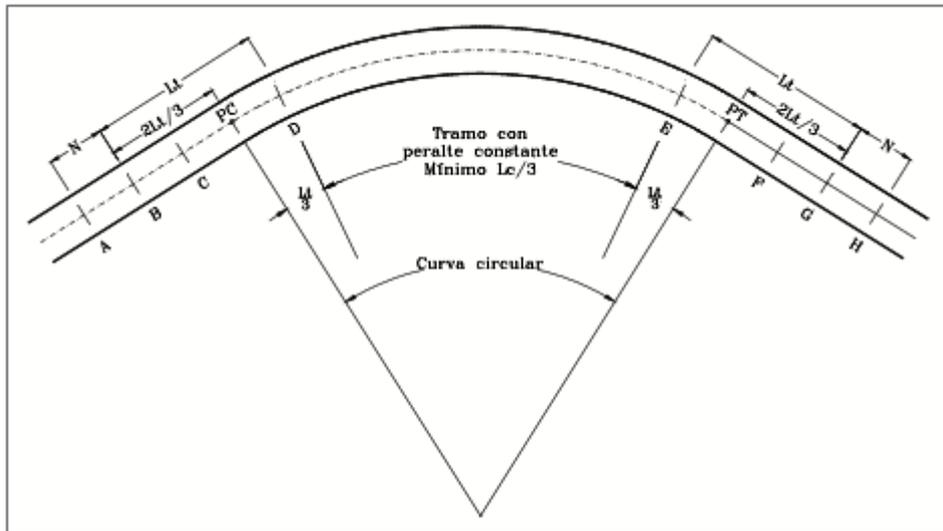
LONGITUD MINIMA DE TRANSICION EN FUNCION DEL PERALTE MAXIMO "e"
(Valores recomendables)

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Ancho de calzada (7,30 m (2 x 3,65 m))				Valor de la Longitud Tangencial			
		e				e			
		0,10	0,08	0,06	0,04	0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2 %									
20	0,800								
25	0,775								
30	0,750								
35	0,725								
40	0,700		42	31	21		10	10	10
45	0,675		43	32	22		11	11	11
50	0,650		45	34	22		11	11	11
60	0,600	61	48	37	24	12	12	12	12
70	0,550	66	53	40	27	13	13	13	13
80	0,500	73	59	44	29	15	15	15	15
90	0,470	78	62	47	31	16	16	16	16
100	0,430	85	68	51	34	17	17	17	17
110	0,400	91	73	55	37	18	18	18	18
120	0,370	99	79	59	39	20	20	20	20

4.1.10. Abscisado de los puntos del diagrama de peralte

A continuación, se indica el análisis cuando se usa esta metodología en la que el punto D, donde el peralte alcanza su valor máximo está ubicado dentro de la curva circular y a una distancia $Lt/3$ más allá del PC. **Fuente especificada no válida.**

Figura 11 Desarrollo del peralte 1/3 dentro de la curva circular



Igualmente, el punto E, donde termina el tramo de peralte constante máximo, está ubicado antes del PT, o sea, también dentro de la curva y a una distancia $Lt/3$. La Figura 75 corresponde al diagrama de transición del peralte de forma longitudinal,

mientras que en la Figura 76 se puede observar en planta la ubicación de los puntos de dicho diagrama.

El abscisado de los puntos del diagrama de peralte es:

$$A = PC - 2Lt/3 - N$$

$$B = A + N$$

$$C = B + N$$

$$D = PC + Lt/3$$

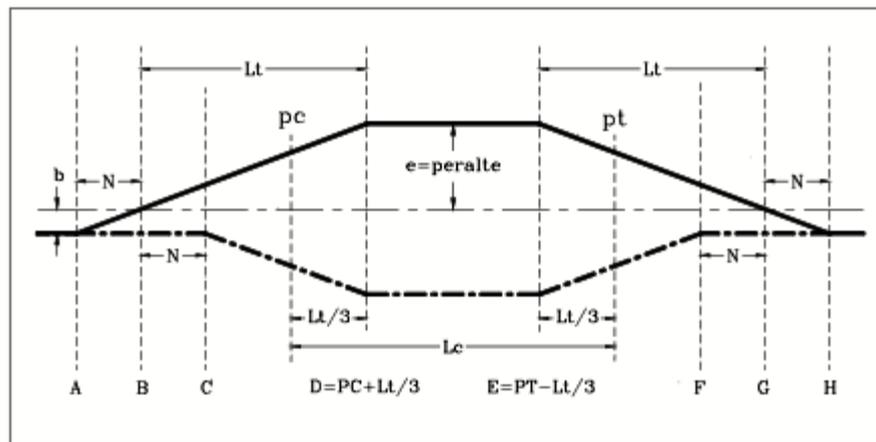
$$E = PT - Lt/3$$

$$F = PT + 2Lt/3 - N$$

$$G = F + N$$

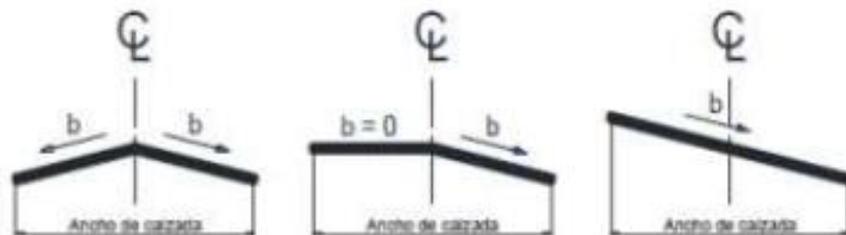
$$H = G + N$$

Figura 12 Diagrama del peralte 1/3 en la curva circular



4.1.10.1. Etapas de transición del peralte

Figura 13 Etapas de transición del peralte



4.1.11. Sobre ancho de curvas

Para conocer la magnitud del sobre ancho debe elegirse un vehículo distintivo de la ruta, para esto se utiliza la siguiente ecuación propuesta por el MOP en las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003):

Figura 14 Sobre ancho de curvas

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA, MOTORIZADOS, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES									
TIPO	VALOR POR USD	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN			PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
							Largo	Ancho	Alto
2 D	20				CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	5,50	2,60	3,00
2DA	20				CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB	36				CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10

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

Dónde:

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

S: sobre ancho.

n: número de carriles.

R: radio de curvatura.

L: distancia entre eje posterior y parte frontal

V: velocidad de diseño

Como resultado se tiene:

$$S = 1.64 \text{ m}$$

Se sugiere que los sobre anchos “S” obtenidos con las fórmulas antes descritas se apliquen tomándose como base la calzada con un ancho de carril de 3,35 m, y para calzadas de diferentes anchos se efectúen las correcciones aplicando la siguiente ecuación:

$$Sa = 2 * 3.35 + S - Ac$$

Donde:

S_a = Sobreancho para una calzada diferente a 6.7 m de ancho

S = Sobreancho obtenido por las fórmulas antes descritas

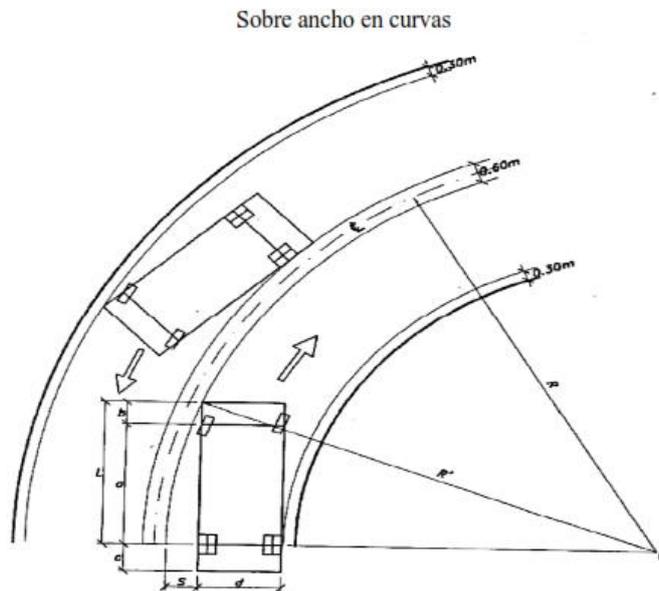
A_c = Ancho de la calzada

Como resultado se tiene:

$$S_a = 1.04 \text{ m}$$

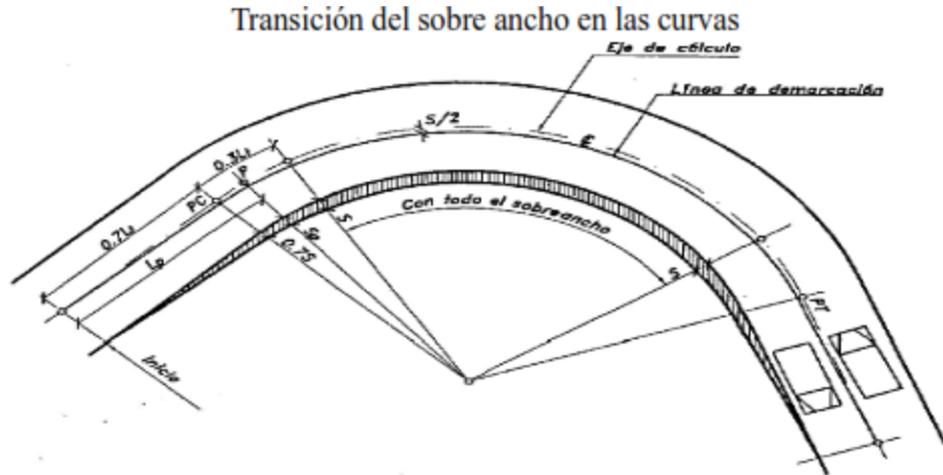
En el siguiente grafico se visualiza el esquema del sobre ancho en curvas horizontales:

Figura 15 Sobre ancho en las curvas vehículos rígidos



En las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003) se indican los diversos valores de variación de los valores del sobreancho en función de la velocidad, el radio y del vehículo de diseño.

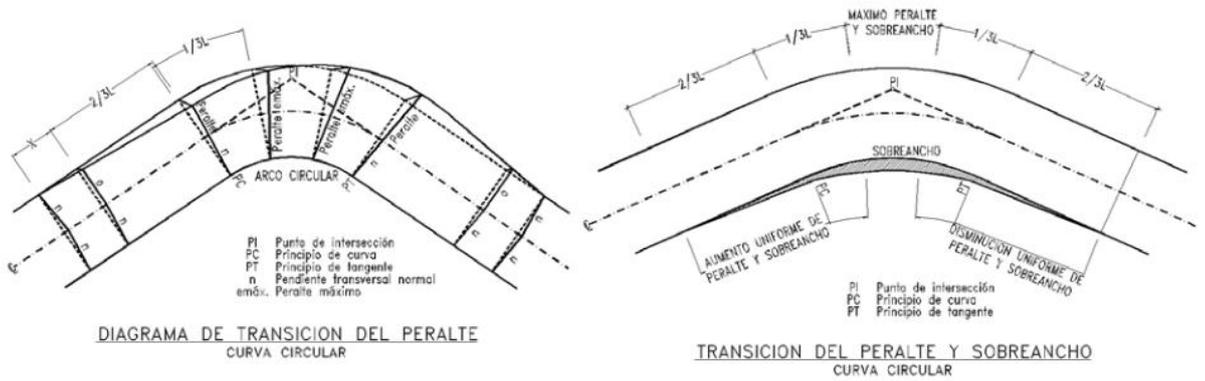
Figura 16 Elementos geométricos que conforman la transición del sobre ancho



Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, p. 75)

Cuadros de peraltes, sobreaños longitudes de transición y tangenciales calculados con las Fórmulas de la ASHTTO para una Distancia entre ejes del vehículo de 6.10 m, para caminos vecinales y Carreteras de 2 carriles.

Figura 17 longitudes de transición y tangenciales



Velocidad de diseño (Kph)	90	Gradiente Longitudinal	0,47		
Ancho de vía (m)	7,30	Pendiente de la vía (%)	2,00		
		Peralte máximo (%)	10,00		
Radio (m)	Peralte (%)	Sobreaño (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Mínima	Máxima
275	10,0	0,43	16	78	87
300	9,8	0,40	16	76	84
350	9,3		16	72	72

Por razones de costo se establece el valor mínimo de diseño del sobreancho igual a 30 cm

para velocidades de hasta 50 Km/h y de 40 cm para velocidades mayores.

4.2. Visibilidad

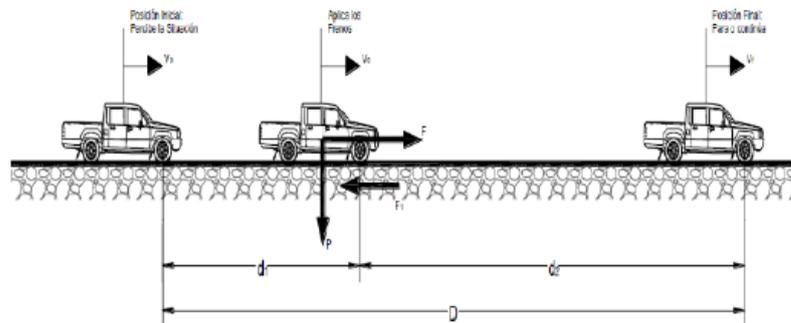
“La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia delante por el conductor de un vehículo que circula por ella” (Cárdenas Grisales, 2013, p. 358).

4.2.1. Distancia de visibilidad de frenado.

Es la longitud necesaria para que el conductor del vehículo, pueda detenerlo antes de

llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 358).

Figura 18 Distancia de visibilidad de parada



Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003)

La distancia de visibilidad mínima es la suma de la distancia recorrida por el vehículo desde el momento que el conductor avizora el obstáculo en el camino, hasta la distancia necesaria que el vehículo necesite para detenerse (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, pág. 180).

Estas dos distancias corresponden al tiempo de percepción y reacción, y al recorrido del vehículo durante el frenado:

$$d = d1 + d2$$

d1: distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción.

Vc: velocidad de circulación del vehículo.

d2: distancia de frenado sobre la calzada a nivel.

f: coeficiente de fricción longitudinal.

$$d1 = 0.7 Vc$$

$$d1 = 50.69 m$$

$$f \frac{1.15}{Vc^{0.3}}$$

$$f = 0.318$$

$$d2 = 64.88 m$$

$$d = 50.69 + 64.88 = 115.57 m$$

Figura 19 Distancia de visibilidad mínima

DISTANCIA DE VISIBILIDAD MINIMA PARA PARADA DE UN VEHICULO

Criterio de Diseño: Pavimentos mojados y Gradiente Horizontal (0 %)

Velocidad de Diseño-Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida-Vc (Kph)	Percepción + Reacción para Frenaje		Coeficiente de Fricción Longitudinal "f"	Distancia de Frenaje "d2" Gradiente Cero (m)	Distancia de Visibilidad para parada (d=d1+d2)	
		Tiempo (seg)	Distancia Recorrida "d" (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2,5	13,89	0,47	3,36	17,25	20
25	24	2,5	16,67	0,44	5,12	21,78	25
30	28	2,5	19,44	0,42	7,29	26,74	30
35	33	2,5	22,92	0,40	10,64	33,56	35
40	37	2,5	25,69	0,39	13,85	39,54	40
45	42	2,5	29,17	0,37	18,53	47,70	50
50	46	2,5	31,94	0,36	22,85	54,79	55
60	55	2,5	38,19	0,35	34,46	72,65	70
70	63	2,5	43,75	0,33	47,09	90,84	90
80	71	2,5	49,31	0,32	62,00	111,30	110
90	79	2,5	54,86	0,31	79,25	134,11	135
100	86	2,5	59,72	0,30	96,34	156,06	160
110	92	2,5	63,89	0,30	112,51	176,40	180
120	100	2,5	71,53	0,29	145,88	217,41	220

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003.

4.2.2. Distancia de visibilidad de frenado con gradiente variable

DISTANCIA DE VISIBILIDAD MINIMA PARA PARADA DE UN VEHICULO

(Con correcciones por efecto de la gradiente longitudinal)

Criterio de Diseño: Pavimentos mojados cuesta abajo (-) y cuesta arriba (+)

$$D_p = \{(V_c \cdot t) / 3 \cdot R\} + \{(V_c^2) / 254(1 \pm G)\}$$

Velocidad de Diseño-Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (Kph)		GRADIENTE "G" %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0,468	13,75	13,70	13,60	13,27	14,34	14,13	14,06	14,02
25	24	0,443	16,47	16,40	16,26	15,78	17,33	17,02	16,91	16,85
30	28	0,423	19,18	19,08	18,89	18,25	20,35	19,93	19,77	19,69
35	33	0,403	22,55	22,42	22,15	21,27	24,18	23,59	23,37	23,26
40	37	0,389	25,23	25,07	24,73	23,63	27,28	26,54	26,27	26,13
45	42	0,375		28,36	27,98	26,52	31,22	30,26	29,91	
50	46	0,365		30,98	30,47	28,78	34,42	33,25	32,83	
60	55	0,345		36,82	35,09	33,71	41,75	40,07	39,47	
70	63	0,332			40,00	37,89	48,44	46,22		
80	71	0,320			40,00	41,00	55,28	52,45		
90	79	0,310			45,81	45,73	62,28	58,76		
100	86	0,302			50,54	48,93	68,54			
110	92	0,296				51,57	74,00			
120	100	0,286				56,14	84,24			

Figura 20 Distancia de visibilidad de frenado con gradiente variable

4.2.3. Distancia de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo.

A través del criterio de las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, pág. 193)

la distancia de rebasamiento se lo determina por medio de la siguiente fórmula:

$$dr = d1 + d2 + d3 + d4$$

Donde:

d1: “distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera”.

d2: “distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo”.

d3: “distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra. Asumir de 30 m a 90 m”.

d4: “distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, 2/3 de d2. Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto”.

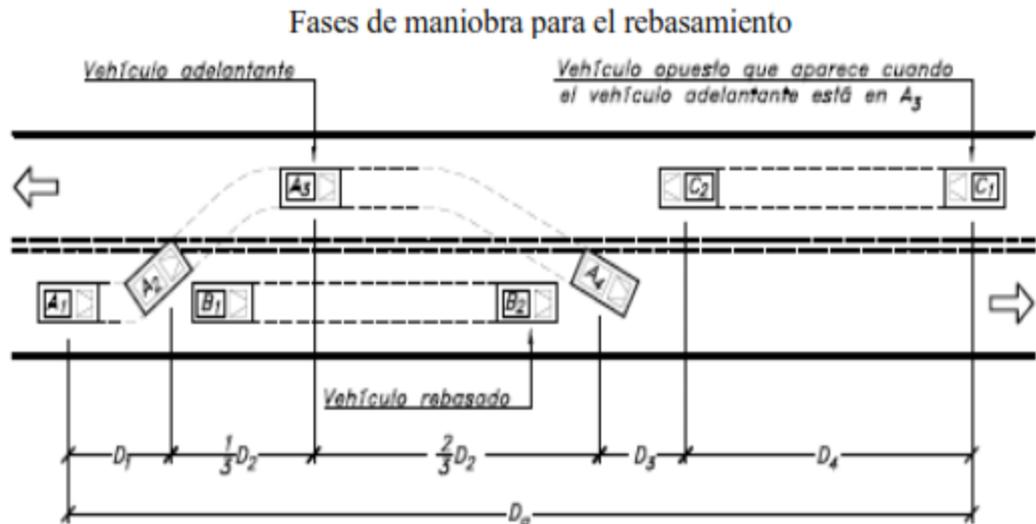


Figura 21 Distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de 2 carriles dos sentidos

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 368)

Las distancias parcialmente anteriormente indicadas se calculan por las siguientes fórmulas:

$$d1 = 0.14 * t1(2V - 2m + a * t1)$$

$$d2 = 0.28V * t2$$

$$d3 = 0.187 * V * t2 \quad \text{ó} \quad 30 \text{ m a } 90 \text{ m}$$

$$d4 = 0.18V * t2$$

Donde:

d1, d2, d3, d4: Distancias

t1: Tiempo de la maniobra inicial

t2: Tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izq.

V: Velocidad promedio del vehículo rebasante

m: Diferencia de velocidades entre el vehículo rebosante y el rebasado

a: Aceleración promedio del vehículo rebosante

**ELEMENTOS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA REBASAMIENTO
EN CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES**

Grupo de Velocidades- kph	48-64	64-80	80-96	96-112
Velocidad Promedio para Rebasamiento-kph	56,00	70,00	84,00	99,00
Maniobra inicial:				
a = aceleración promedio-kph/seg	2,24	2,29	2,35	2,40
t ₁ = tiempo - seg	3,60	4,00	4,30	4,50
d ₁ = distancia recorrida - m	44,00	66,00	88,00	112,00
Ocupación del carril del lado izquierdo:				
t ₂ = tiempo - seg	9,30	10,00	10,70	11,30
d ₂ = distancia recorrida - m	145,00	196,00	251,00	313,00
Vehículo opuesto:				
d ₃ = distancia libre entre el vehículo rebasante y el vehículo opuesto	30,00	55,00	76,00	91,00
d ₄ = distancia recorrida - m	30,00	55,00	76,00	91,00
Distancia de visibilidad para rebasamiento - m				
d_v = d₁ + d₂ + d₃ + d₄	316	448	583	725

Figura 22 Elementos de la distancia

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD
PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO

V _p , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

Figura 23 Distancia mínima de visibilidad

$$d1 = 106.80 \text{ m}$$

$$d2 = 251.66 \text{ m}$$

$$d3 = 168.08 \text{ m}$$

$$d4 = 161.78 \text{ m}$$

$$dr = 688.33 \text{ m}$$

En base a los ensayos de la AASHTO, se indica la variación de la distancia de visibilidad para rebasamiento en función de la velocidad, estando esta variación representada por la siguiente ecuación equivalente:

$$dr = 9.54V - 218$$

Donde:

dr: distancia de visibilidad para rebasamiento.

V: velocidad promedio del vehículo rebasante.

$$dr = 583.36 \text{ m}$$

**VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD
MINIMAS PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO
(Metros)**

Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565
I 8000 a 3000 TPDA	830	690	565	830	565	415
II 1000 a 300 TPDA	690	640	490	640	565	345
III 300 a 100 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV 100 a 30 TPDA	480	290	210	290	150	110
V Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

L - Terreno Llano
O - Terreno Ondulado
M - Terreno Montañoso

Figura 24 Valores del diseño de visibilidad

Las distancias de visibilidad de rebasamiento, determinadas analíticamente por las fórmulas planteadas anteriormente se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma.

4.2.4. Distancia de cruce (Dc)

Es la distancia de visibilidad libre de obstáculos que requiere un conductor de un vehículo que está detenido en un cruce de carreteras para atravesar la vía perpendicular a su sentido de circulación cuando visualiza a un vehículo que viene en esa vía. Su magnitud se determina utilizando la siguiente ecuación

$$Dc = \frac{V}{3.6} * \left(tr + \sqrt{\frac{d + w + z}{4.9 * (j * i)}} \right)$$

Donde:

tr: Tiempo de percepción – reacción.

w: Ancho de la calzada.

z: Longitud del vehículo.

d: Distancia entre línea de parada y bordillo.

v: Velocidad de proyecto de vía principal.

j: Aceleración del vehículo en “g”.

i: Pendiente longitudinal de vía de vehículo detenido.

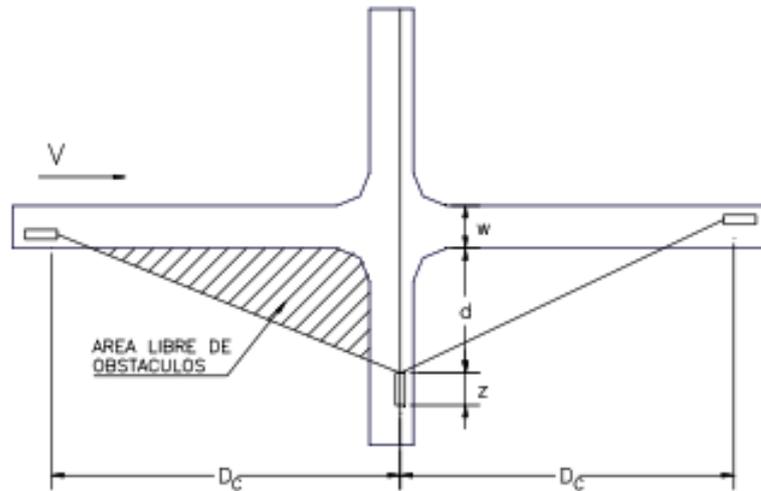


Figura 25 La distancia de cruce calculada es de 205.92 m.

La distancia de cruce calculada es de 205.92 m.

4.3. Trazado Horizontal

El trazado de las líneas de ceros se realizó utilizando el programa AutoCAD Civil 3D, con una topografía generada con el mismo programa a partir del archivo con la nube de puntos entregada del levantamiento topográfico, con la cual se obtuvo las curvas de nivel del proyecto.

El trazado de las tangentes que posteriormente constituirán el eje de las vías de reposición, se realizó utilizando el software AutoCAD Civil 3D. Para poder trazar estas tangentes, se realizó el trazado de segmentos de recta que mejor se ajusten a las líneas de ceros. el siguiente paso consiste en colocar las curvas que enlazan dichas tangentes. Los radios de las curvas circulares simples, se escogen de manera que las curvas que estos originen, se adapten a la topografía del terreno; es decir, que sigan el trazado de la línea de ceros (con la separación correspondiente a la media vía). Estos radios no deben ser menores a los radios mínimos establecidos anteriormente de 273 m.

Cuando la topografía no es un obstáculo, se tomarán radios elevados, ya que esto facilita la conducción de los vehículos por la vía. La colocación de las curvas horizontales y sus elementos se realiza utilizando las ecuaciones de curvas circulares. El trazado y medición de los elementos del alineamiento horizontal se realizó mediante el programa AutoCAD Civil 3D.

Tabla 15 Tabla de elementos de curva

Tabla de elementos de curva			
N°	Dirección	Deflexión	Radio
CURVA: 1	S34° 56' 51e"	4°52'00"	1200
CURVA: 2	S35° 28' 38E"	3°48'26"	1200
CURVA: 3	S27° 47' 52E"	6°00'16"	800
CURVA: 4	S21° 18' 33E"	6°58'23"	800

Tabla 16 Tabla de elementos de curva

Tabla de elementos de curva										
Gc	T.	L.	C. L.	E	M	P.I.	P.C.	P.T.	NORT E	ESTE
0.95	50.	101.	101	1.0	1.0	1+259	1+208	1+310	990536	760296
49	99	93	.9	8	8	.63	.63	.56	7.5	.28
0.95	39.	79.7	79.	0.6	0.6	1+562	1+522	1+602	990512	760480
49	88	4	72	6	6	.38	.49	.23	6.9	.12
1.43	41.	83.8	83.	1.1	1.1	3+550	3+508	3+591	990345	761552
24	96	4	8			.09	.14	.97	3.8	.76
1.43	48.	97.3	97.	1.4	1.4	4+075	4+026	4+124	990297	761773
24	74	6	3	8	8	.71	.97	.33	6.6	.23

Tabla 17 Tabla de Tangentes

Tabla de Tangentes				
Tramo	Longitud (m)	Dirección	Inicio	Fin
Tramo: 1	615.959	S29° 39' 00E"	0+000.00	0+615.96
Tramo: 2	318.918	S31° 08' 21E"	0+615.96	0+934.88
Tramo: 3	273.758	S32° 30' 51E"	0+934.88	1+208.63
Tramo: 4	211.93	S37° 22' 51E"	1+310.56	1+522.49
Tramo: 5	315.858	S33° 34' 25E"	1+602.23	1+918.09
Tramo: 6	681.884	S32° 39' 10E"	1+918.09	2+599.97
Tramo: 7	502.819	S33° 41' 51E"	2+599.97	3+102.79
Tramo: 8	405.347	S30° 48' 00E"	3+102.79	3+508.14
Tramo: 9	434.999	S24° 47' 45E"	3+591.97	4+026.97
Tramo: 10	98.062	S17° 49' 22E"	4+124.33	4+222.40

Tabla 18 Curva Superaleación

Curva Superelevación	Estación	Izquierda	Derecha
	0+000.00m	-2.00%	-2.00%
1	1+144.13m	-2.00%	-2.00%
1	1+179.97m	-2.00%	0.00%

1	1+215.80m	-2.00%	2.00%
1	1+222.97m	-2.40%	2.40%
1	1+296.23m	-2.40%	2.40%
1	1+303.40m	-2.00%	2.00%
1	1+339.23m	-2.00%	0.00%
1	1+375.06m	-2.00%	-2.00%
2	1+457.99m	-2.00%	-2.00%
2	1+493.82m	0.00%	-2.00%
2	1+529.66m	2.00%	-2.00%
2	1+536.82m	2.40%	-2.40%
2	1+587.90m	2.40%	-2.40%
2	1+595.06m	2.00%	-2.00%
2	1+630.90m	0.00%	-2.00%
2	1+666.73m	-2.00%	-2.00%
3	3+428.69m	-2.00%	-2.00%
3	3+464.80m	0.00%	-2.00%
3	3+500.91m	2.00%	-2.00%
3	3+529.80m	3.60%	-3.60%
3	3+570.31m	3.60%	-3.60%
3	3+599.20m	2.00%	-2.00%
3	3+635.31m	0.00%	-2.00%
3	3+671.42m	-2.00%	-2.00%
4	3+947.53m	-2.00%	-2.00%
4	3+983.64m	0.00%	-2.00%
4	4+019.75m	2.00%	-2.00%
4	4+048.64m	3.60%	-3.60%
4	4+102.67m	3.60%	-3.60%
4	4+131.56m	2.00%	-2.00%
4	4+167.67m	0.00%	-2.00%
4	4+203.78m	-2.00%	-2.00%
4	4+222.40m	-2.00%	-2.00%

4.4.Diseño vertical

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.

4.4.1. Gradientes

Las gradientes dependen directamente de la topografía del terreno y se debe preocupar mantener valores bajos, con el fin de facilitar la operación de los vehículos en condiciones de seguridad (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

De acuerdo con las velocidades de diseño, que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza de la topografía, en el Cuadro VII-1 se indican de manera general las gradientes medias máximas que pueden adoptarse.

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	2	3	4	3	4	6
1	3.000	a	8.000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1.000	a	3.000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1.000	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

Figura 26 Gradientes

4.4.1.1. Gradiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y la configuración topográfica del terreno.

4.4.1.2. Gradiente mínima.

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 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.

4.4.2. Curvas verticales.

“Es aquel elemento del diseño vertical de la vía, que permite la unión entre dos tangentes verticales consecutivas, tal que produzca un cambio gradual en la pendiente a lo largo de la longitud” (Cárdenas Grisales, 2013).

4.4.2.1. Curvas Verticales Convexas.

Estas deben ser consistentes con la distancia de visibilidad requerida para asegurar el frenado, por lo que se establece que a altura del ojo del conductor sobre la calzada es de 1.5m y la altura del obstáculo 0.15m (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

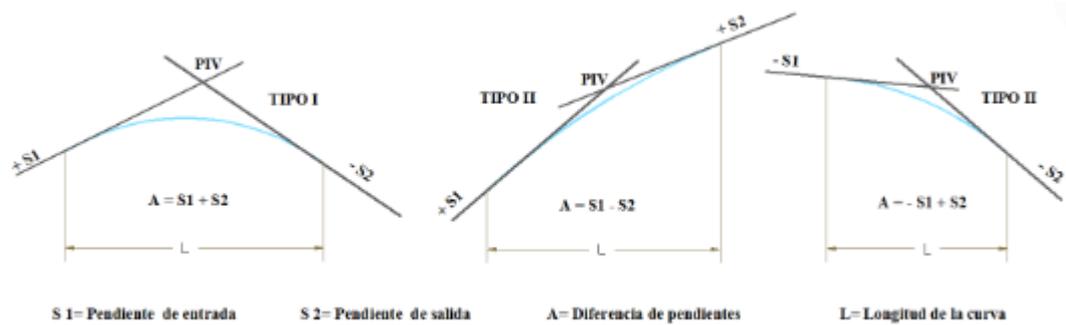


Figura 27 Curvas Verticales Convexas.

Tipos de curvas verticales convexas

Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A * S^2}{426}$$

Dónde:

L: longitud de la curva vertical convexa, (m).

A: diferencia algébrica de las gradientes, (%).

S: distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, (m).

La longitud de una curva vertical convexa mediante su ecuación equivalente:

$$L = k * A$$

L: longitud de la curva vertical convexa, (m).

k: coeficiente en función de la velocidad de diseño

A: diferencia algébrica de las gradientes, (%).

A continuación, se indican los valores del coeficiente K para las diferentes velocidades de diseño y de acuerdo con la categoría de los diferentes caminos y con la topografía del terreno por donde cruzan:

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS

Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Figura 28 Curvas verticales

VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MININAS

<u>Clase de Carretera</u>					<u>Valor Recomendable</u>			<u>Valor Absoluto</u>		
					<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Figura 29 Valores mínimos de diseño del coeficiente K

4.4.2.2. Curva vertical cóncava

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas 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.

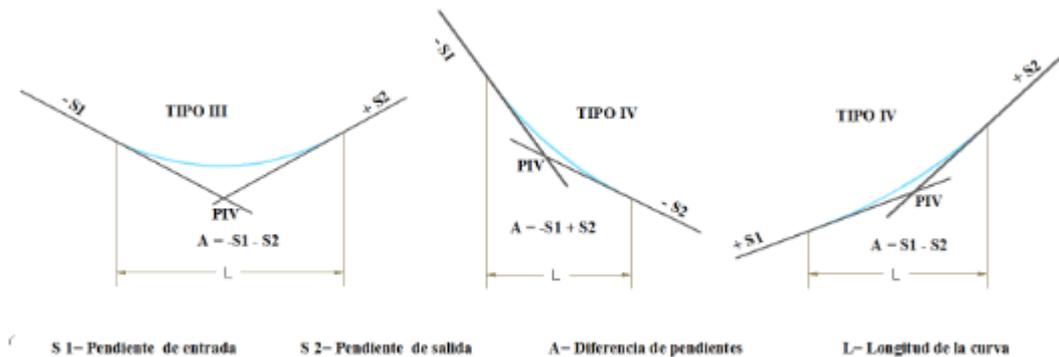


Figura 30 Curva vertical cóncava

Tipos de curvas verticales cóncavas

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

$$L = \frac{S * A^2}{122 + 3.5S}$$

Dónde:

L: longitud de la curva vertical convexa, (m).

A: diferencia algébrica de las gradientes, (%).

S: distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, (m).

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:

$$L = k * A$$

Dónde:

L: longitud de la curva vertical convexa, (m).

k: coeficiente en función de la velocidad de diseño

A: diferencia algébrica de las gradientes, (%).

En los cuadros VII-4 y VII-5 se indican los diversos valores de “K” para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera, respectivamente.

A continuación, se indican los diversos valores de “K” para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera, respectivamente:

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS

Velocidad de diseño kph	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/122+3,5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Figura 31 Curvas verticales cóncavas mínimas

VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE “K’ PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I _o	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Figura 32 Valores mínimos de diseño del coeficiente K para la determinación de longitud

Una forma empírica de determinar un valor de la longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en función de la velocidad de diseño, es la siguiente:

$$L_{min} = 0.6 * V$$

Dónde:

L_{min} = Longitud mínima absoluta de la curva vertical, m

V = Velocidad de diseño, Km/h

4.4.3. Trazado

Se utilizó el software AutoCAD Civil 3D para generar un perfil del terreno, a partir del eje del alineamiento horizontal y la topografía existente. Proyectando las líneas de ceros al eje del alineamiento horizontal. Se realizó el trazado de rectas que mejor se adapten a la proyección de la línea de ceros, sin exceder las gradientes longitudinales máximas previamente establecidas, definiendo así las tangentes del alineamiento vertical.

Finalmente, Las pendientes de las tangentes verticales son ajustadas con precisión de un decimal, lo cual se logra modificando la cota de los PIV.

Utilizando los valores de K para curvas verticales cóncavas y convexas se calculan las longitudes mínimas de las curvas verticales. Se seleccionarán longitudes que generen curvas verticales que mejor se ajusten a la topografía, siendo estas longitudes mayores a las mínimas calculadas y a la mínima absoluta ($0.6*V$).

Las Tablas muestran la corrección de las cotas de los PIV, y los principales elementos del alineamiento vertical para el trazado de las siete vías de reposición.

4.4.3.1. Criterios de diseño

- Respetar pendiente mínima. Para efectos de drenaje es recomendable que la pendiente longitudinal no sea inferior al 0.5%.
- Pendientes ajustadas a un solo decimal.
- Evitar la longitud mínima de una curva vertical
- Aumentar la longitud de la curva esta se adapte mejor al terreno disminuyendo la cantidad de corte o de lleno.
- Para cambios de pendiente menores a 0.5% no se requiere curva vertical
- Cuando se emplean curvas asimétricas se recomienda, principalmente por estética, que se cumpla la siguiente relación: $(L_{mayor} / L_{menor}) < 1.5$
- En lo posible se deben evitar dos curvas continuas de la misma naturaleza (2 cóncavas o 2 convexas) principalmente por razones de visibilidad.
- En tramos largos en ascenso, se recomienda proyectar las pendientes más fuertes iniciando el tramo y las más suaves cerca de la parte superior del ascenso, o dividir la pendiente sostenida larga en tramos con pendiente un poco más baja que la máxima permitida.

- 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.
- No deben introducirse curvas horizontales agudas en o cerca de la cima de curvas verticales convexas pronunciadas.
- Se deben evitar curvas horizontales agudas en o en las inmediaciones del punto más bajo de las curvas verticales cóncavas
- Se recomienda que los PIV queden ubicados en abscisas múltiplo de 10.
- Al calcular la longitud requerida de curva se recomienda redondearla al múltiplo de 10 por encima del valor calculado.

4.5.Resultados

Tabla 19 Tabla de tangentes

Tramo	Cota inicial	Cota final	Longitud	Gradiente	PVI Estación	
1-2	2910.76	2912.13	125.00	1.10%	0+000.00	0+125.00
2-3	2912.13	2930.18	475.00	3.80%	0+125.00	0+600.00
3-4	2930.18	2919.56	425.00	-2.50%	0+600.00	1+025.00
4-5	2919.56	2910.11	525.00	-1.80%	1+025.00	1+550.00
5-6	2910.11	2887.01	825.00	-2.80%	1+550.00	2+375.00
6-7	2887.01	2880.18	525.00	-1.30%	2+375.00	2+900.00
7-8	2880.18	2866.58	425.00	-3.20%	2+900.00	3+325.00
8-9	2866.58	2871.07	897.31	0.50%	3+325.00	4+222.31

Tabla de curvas

Tabla 20 Tabla de curvas

Tramo	Tipo	Entidad	Kmin	Cambio de gradiente	Lmin	K	L
1-2	-	-	-	-	-	-	-
2-3	Cóncava	Simétrica	31	2.70%	84.00	48.15	130
3-4	Convexa	Simétrica	43	6.30%	271.00	36.51	230
4-5	Concava	Simétrica	31	0.70%	22.00	285.71	200
5-6	Convexa	Simétrica	43	1.00%	43.00	130	130
6-7	Concava	Simétrica	31	1.50%	47.00	80	120

7-8	Convexa	Simétrica	43	1.90%	82.00	126.32	240
8-9	Concava	Simétrica	31	3.70%	115.00	45.95	170

CAPITULO V DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1.Método AASHTO 93

5.1.1. Periodo de diseño

Para pavimentos flexibles se estima un periodo de diseño entre 15 y 20 años, para el proyecto actual se optó por tomar 15 años para el periodo de diseño

5.1.2. Transito equivalente

Para Determinar el transito equivalente se determina el número de ejes de carga equivalente para el periodo de diseño, se emplea la siguiente fórmula:

$$N = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

N= número de ejes equivalentes proyectados para el periodo de diseño

Nd= número de ejes equivalentes en el año base

Fd= factor sentido

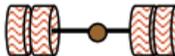
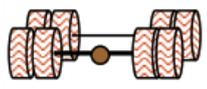
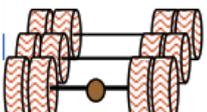
Fc= factor carril

r= tasa de crecimiento de vehículos pesados

n= número de años al cual va a ser proyectado

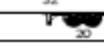
el factor de corrección de equivalencia se determina con las ecuaciones mostradas en la siguiente tabla para cada tipo de configuración de eje.

Tabla 21 Formulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia de carga por cada tipo de eje.

TIPO DE EJE	CONFIGURACIÓN	FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA
Simple rueda simple		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{6.6}\right)^4$
Simple rueda doble		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{8.2}\right)^4$
Tándem		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{15}\right)^4$
Tridem		$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{23}\right)^4$

El valor de la carga de eje se establece de la tabla de pesos y dimensiones del MTOP

Tabla 22 El valor de la carga de eje se establece de la tabla de pesos y dimensiones del MTOP

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0 OCTOPUS			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10

En la siguiente tabla se muestra el resultado del proceso de cálculo.

Tabla 23 Factor de daño por vehículo comercial (FDVC)

Factor de daño por vehículo comercial (FDVC)					
	Tipo de Eje	Peso (Ton)	FDVC	TPDA	ESAL´S
2DA	Simple	3	0.574	145.107	83.254
	Doble	7			
2DB	Simple	7	4.504	154.951	697.846
	Doble	11			
3A	Simple	7	4.426	25.339	112.147
	Tandem	20			
V2DB	Simple	7	4.504	24.974	112.476
	Doble	11			
T3-S2	Simple	7	4.998	39.011	194.963
	Tandem	20			
	Tridem	20			
ESAL´S TOTAL					1200.686

El factor de dirección para este tipo de vía colectora es de 0,5.

El factor de carril para una vía colectara con un solo carril por dirección es de

$$N = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$N = (1200.686 * 365 * 0.5 * 1) * \frac{(1 + 0.0447)^{15} - 1}{0.0447}$$

$$N = 4634730 \text{ ejes equivalentes de } 8.2 \text{ ton}$$

En la siguiente tabla se resumen los datos y los resultados del tránsito equivalente.

Tabla 24 Resultados del tránsito equivalente.

Número de ejes equivalentes proyectados para el periodo de diseño			
Tasa de crecimiento vehicular	4.47 %	Factor Dirección (Fd)	0.5
Factor Carril (Fc)	1	Transito Equivalente (N - W18)	454410 3

5.1.3. Pavimento flexible

El método AASHTO 93 considera los siguientes variables y parámetros de cálculo que intervienen en la ecuación que se presenta a continuación:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_r - 8.07$$

Donde:

Wt18 = Número de repeticiones de cargas equivalentes de 18 kips. (8.2 Ton) acumuladas en el periodo de diseño.

Z r = Desviación normal.

So = Desviación estándar.

SN = Número estructural [pulg].

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

M r= Módulo resiliente de la subrasante [psi].

5.1.3.1. Nivel de confianza

Medida que incluye algún grado de incertidumbre en el proceso de diseño, ya que establece un criterio que está atribuido con la capacidad del pavimento frente a solicitudes exteriores (Higuera Sandoval, 2010, pág. 79).

TIPO DE CARRETERAS	NIVELES	
	Urbana	Rural
Carreteras interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Vías colectoras	80 - 95	75 - 95
Vías locales	50 - 80	50 - 80

Figura 33 Nivel de confiabilidad para varios tipos de carreteras

Para el proyecto actual se utilizará un nivel de confianza de 86% en vías rurales, por lo que su desviación estándar es de -1.037

5.1.3.2. Error normal combinado (So).

Esta dada por la variación de las propiedades de los materiales que conforma la estructura vial y la variación de estimación del tránsito, condiciones climáticas y la calidad en la etapa de construcción los valores del So, se muestran a continuación

PROYECTO DE PAVIMENTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR So
Rango para pavimentos flexibles	0.40 - 0.50
Construcción nueva	0.45
Sobre capas	0.50

Figura 34 Valores de error normal combinado para pavimentos flexibles

Se utilizó un valor de So de 0,50 para el presente proyecto.

5.1.3.3. Niveles de serviciabilidad.

Serviciabilidad inicial (Po). Para pavimentos flexibles el valor de serviciabilidad inicial está “en función del diseño del pavimento y la calidad de construcción”. El valor recomendado por la normativa AASHTO es de Po=4.2 (AASHTO 93 Desing Procedures For New Pavements, 1998, pág. 172).

El valor de Serviciabilidad final (Pt). se determina cuando ocurre la falla funcional del pavimento, está “en función del tipo de carretera y al criterio del diseñador” los valores de serviciabilidad recomendados para carreteras varía entre 2 y 2,5; para este proyecto se optó por un valor de 2.25.

5.1.3.4. Índice de serviciabilidad (ΔPSI).

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.20 - 2.25$$

$$\Delta PSI = 1.95$$

5.1.3.5. Módulo resiliente de la sub-rasante.

El valor del módulo resiliente se lo determinó con la siguiente ecuación

$$Mr = 3000 * (CBR)^{0.65}$$

$$Mr = 3000 * (15,80)^{0.65}$$

$$Mr = 18\ 040\ psi$$

5.1.3.6. Calidad del drenaje en el diseño de pavimentos.

Los niveles de humedad próximos a la saturación dependerán de la calidad del drenaje de los materiales granulares y del periodo de tiempo de las precipitaciones a lo largo de un año.

Utilizando la estación M0127 para determinar la precipitación en la zona. Ultimo anuario disponible INAMHI 2013

Se considera los meses de mayor lluvia en la media multianual, que son de enero a junio

Dando una valor de 326 mm

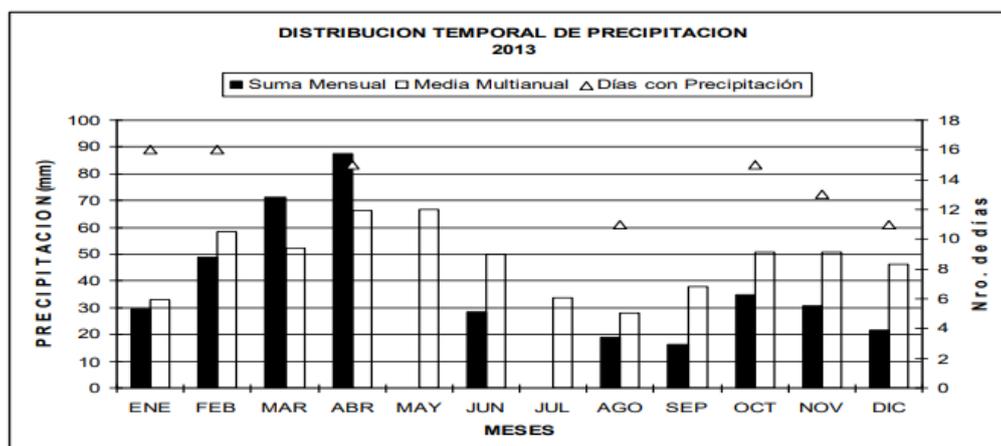


Figura 35 Distribución temporal

El porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento, está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación, se lo realizo con la siguiente fórmula:

$$Tm = \frac{\text{Presipitaciones de meses de lluvia} * 100}{\text{Presipitación total anual}}$$

Donde:

Tm = Porcentaje de exposición anual

$$Tm = \frac{180 * 100}{365}$$

$$Tm = 49 \%$$

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO CON LA ESTRUCTURA EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA			
	< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Figura 36 Coeficiente de drenaje recomendados

El porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad y al tiempo de drenaje de los materiales granulares los valores del coeficiente los siguientes:

Capa de Rodadura	m1	1
Base	m2	1
Subbase	m3	0.8

5.1.3.7. Coeficiente estructural

Estos factores se encuentran tabulados mediante monogramas, donde se puede estimar coeficiente estructural ai con base en uno de cuatro diferentes pruebas de laboratorio.

5.1.3.8. Coeficiente de la Subbase a3.

- a. La especificación MOP en la sección 403 expresa que los agregados que se empleen
- b. deben tener las siguientes características:
 - c. a. Abrasión (Durabilidad) máxima = 40%
 - d. b. Índice de plasticidad IP < 6%
 - e. c. Límite líquido LI máximo = 25%

f. d. CBR mínimo = 30%

Conforme al CBR mínimo = 30% y con ayuda del monograma se determina el valor del coeficiente estructural y el módulo resiliente Mr obteniendo:

$$a_3 = 0.12$$

$$M_r = 17000 \text{ psi}$$

$$m_3 = 0.8$$

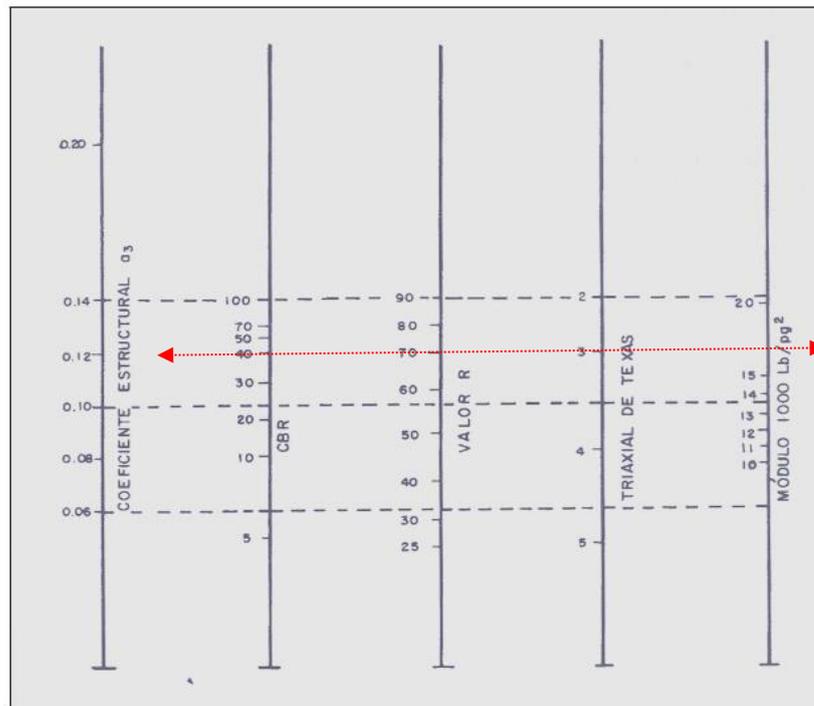


Figura 37 Valores del coeficiente estructural (asb) para subbases granulares no-tratadas

Valores del coeficiente estructural (asb) para subbases granulares no-tratadas

5.1.3.9. Coeficiente de la base a2.

De acuerdo con la especificación MOP en la sección 404 expresa que los agregados que

se empleen deben tener las siguientes características:

- Abrasión (Durabilidad) máxima < 40%
- Índice de plasticidad IP < 6%
- Límite líquido LI máximo < 25%

d. CBR mínimo = 80%

Conforme al CBR mínimo = 80% y con ayuda del monograma se determina el valor

del coeficiente estructural y el módulo resiliente Mr obteniendo:

$$a_2 = 0.135$$

$$M_r = 29\,000 \text{ psi}$$



Figura 38 Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas

Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas

5.1.3.10. Coeficiente de la capa de rodadura a1

Las mezclas asfálticas de granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir

con los requisitos especificados en la siguiente tabla:

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Figura 39 Coeficiente de la capa de rodadura a1

Considerando que el diseño de pavimentos se realiza en base al tráfico pesado, se obtiene

el valor de la estabilidad Marshall mínima de 1800 lb se obtiene el coeficiente estructural $a_1 = 0.421$, y un módulo resiliente $M_r = 390000$ psi.

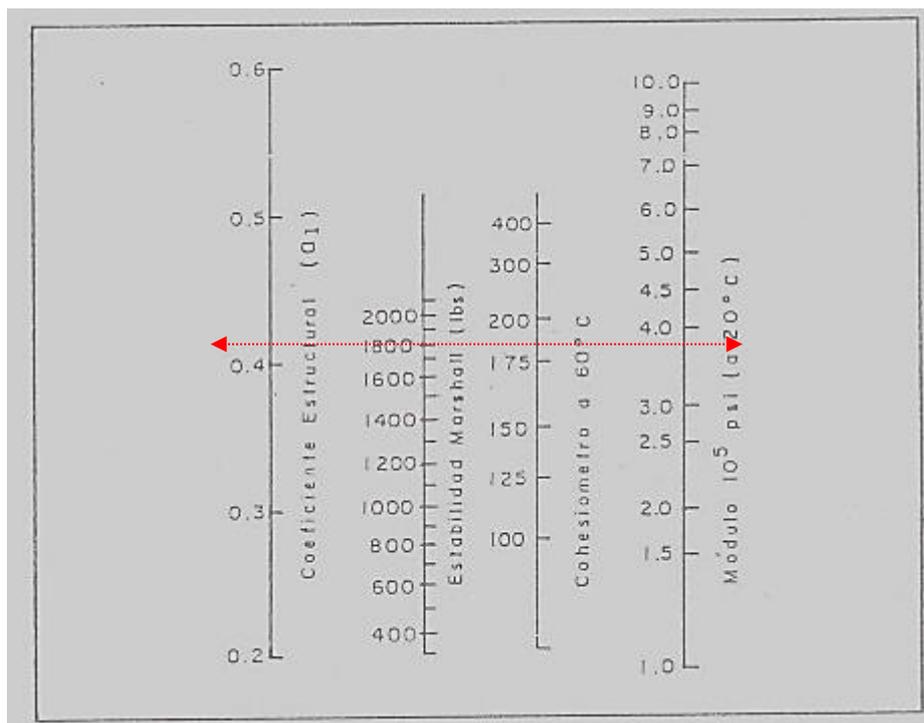


Figura 40 Valores del coeficiente estructural (ar)

Valores del coeficiente estructural (ar) para mezclas asfálticas densamente gradadas empleadas como capa de rodamiento y/o intermedia, a partir de la estabilidad Marshall

5.1.4. Determinación de los espesores de cada capa.

A partir del número estructural calculado y el tránsito de diseño, se obtienen los espesores de las capas granulares que conforman el pavimento. Es necesario identificar los espesores que conforman la estructura vial, que combinados suministran la capacidad de carga que corresponde al SN de diseño.

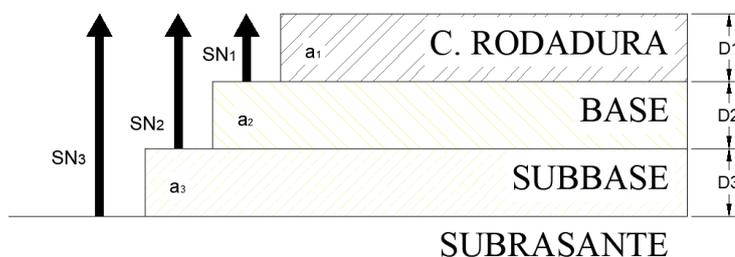


Figura 41 Espesores de cada capa

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_3 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

Del diseño se obtiene los siguientes espesores:

MEZCLA ASFÁLTICA MR (psi)=390000 a1=0.415 D1=9 cm
BASE MR (psi)=29000 CBR=80% a2=0.135 D2=16 cm
SUB-BASE MR (psi)=17000 CBR=40% a3=0.122 D3=19 cm
SUBRASANTE MR=16830.9518889712 CBR=14.2%
ESPELOR TOTAL (D1+D2+D3) = 44 cm

5.2. Sección transversal.

“Consiste en definir la ubicación y dimensiones de los elementos que conforman la carretera, y su relación con el terreno natural. De esta manera se podrá fijar la rasante y el ancho de faja que ocupará la futura carretera” (Cárdenas Grisales, 2013).

La sección típica depende principalmente del volumen de tráfico vehicular y del tipo de

terreno por donde atraviesa la vía, en la selección de la sección típica se debe tomar en cuenta el benéfico a los usuarios y el costo de mantenimiento (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003).

Los elementos geométricos principales que integran una sección transversal son los siguientes:

- ❖ Calzada o pavimento
- ❖ Espaldones o bermas

- ❖ Taludes
- ❖ Cunetas.

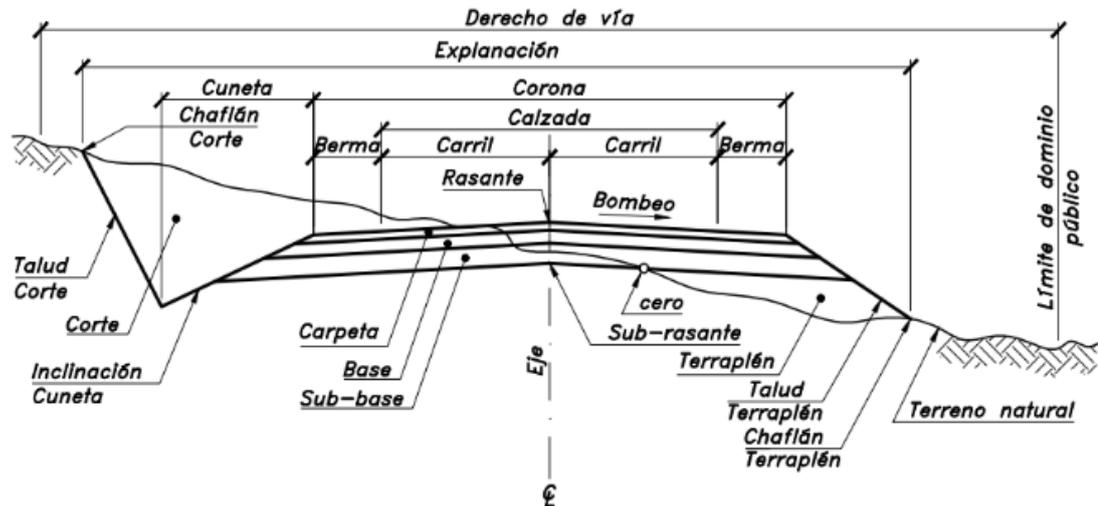


Figura 42 Sección transversal típica.

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013)

5.2.1. Ancho de vía o calzada

Es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por uno o más carriles para cada sentido de circulación, no incluye los espaldones.

ANCHOS DE LA CALZADA		
Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7,30	7,30
I 3000 a 8000 TPDA	7,30	7,30
II 1000 a 3000 TPDA	7,30	6,50
III 300 a 1000 TPDA	6,70	6,00
IV 100 a 300 TPDA	6,00	6,00
V Menos de 100 TPDA	4,00	4,00

Figura 43 Ancho de vía o calzada

Por criterio de diseño se ha utilizado un ancho de vía de 7,30 m.

5.2.2. Espaldones o bermas.

Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada, además en las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003,) añade las siguientes funciones:

- ❖ Provisión de espacio para el estacionamiento temporal de vehículos fuera de la superficie de rodadura fija, a fin de evitar accidentes.
- ❖ Provisión de una sensación de amplitud para el conductor, contribuyendo a una mayor facilidad de operación, libre de tensión nerviosa.
- ❖ Mejoramiento de la distancia de visibilidad en curvas horizontales.
- ❖ Provisión de espacio para la colocación de señales
- ❖ La descarga del agua se escurre por la superficie de rodadura está alejada del borde del pavimento, reduciendo al mínimo la infiltración y evitando así el deterioro y la rotura del mismo.

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

Figura 44 Espaldones o bermas.

En base a las consideraciones anteriores, el ancho de espaldones, en relación con el tipo de carretera, es de 1,0m.

5.2.3. Taludes.

Son superficies laterales inclinadas que limitan la explanación, el coeficiente de talud se

lo determina en base a los estudios geológicos geotécnicos. Si la sección es en corte, el talud empieza enseguida de la cuneta, y si la sección es en terraplén, el talud inicia en el borde de la berma (Cárdenas Grisales, 2013).

Los taludes en corte y en relleno son muy importantes en la seguridad y buena apariencia de una carretera, además de influir en su costo de mantenimiento. Aunque su diseño depende de las condiciones de los suelos y de las características geométricas de la vía, como regla general los taludes deben diseñarse con la menor pendiente económicamente permisible. En terrenos ondulados y montañosos, en donde las condiciones de los suelos constituyen un factor determinante y el movimiento de tierras es el rubro mayor en la construcción, se recomienda dar especial consideración a los taludes en corte en las curvas horizontales, a fin de proveer una adecuada distancia de visibilidad a un costo razonable. En lo demás, la selección de taludes debe ser materia de un estudio particular en cada caso, tomando en cuenta la naturaleza del terreno y las condiciones geológicas existentes.

Para el presente proyecto se recomienda un corte 2:1 para taludes en corte y de 3:1 para taludes en relleno.

VALORES DE DISEÑO RECOMENDABLES DE LOS TALUDES EN TERRENOS PLANOS		
Clase de Carretera	TALUD	
	CORTE	RELLENO
R-I o R-II > 8000 TPDA	3:1 * **	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1
V Menos de 100 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1

Figura 45 Taludes en corte y de 3:1 para taludes en relleno.

5.3. Resultado

A continuación, se muestra la sección transversal de la vía con todos sus elementos.

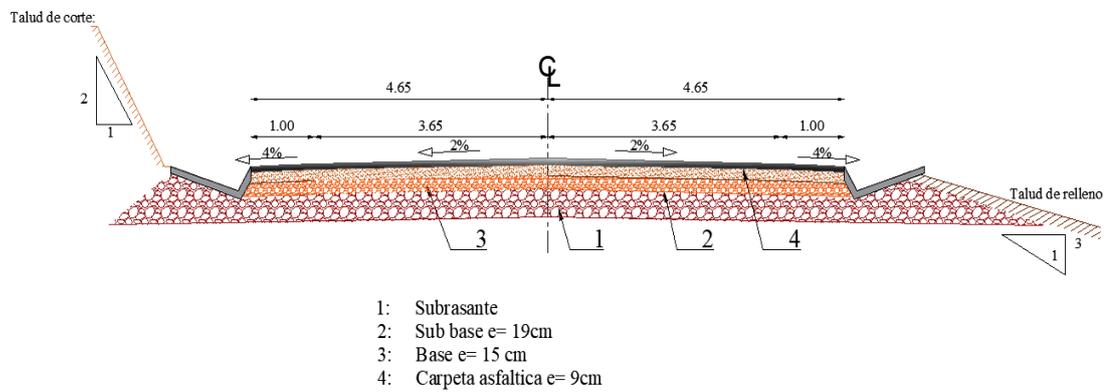


Figura 46 Sección transversal de la vía, espesores resultados del diseño de la vía

Fuente El Autor.

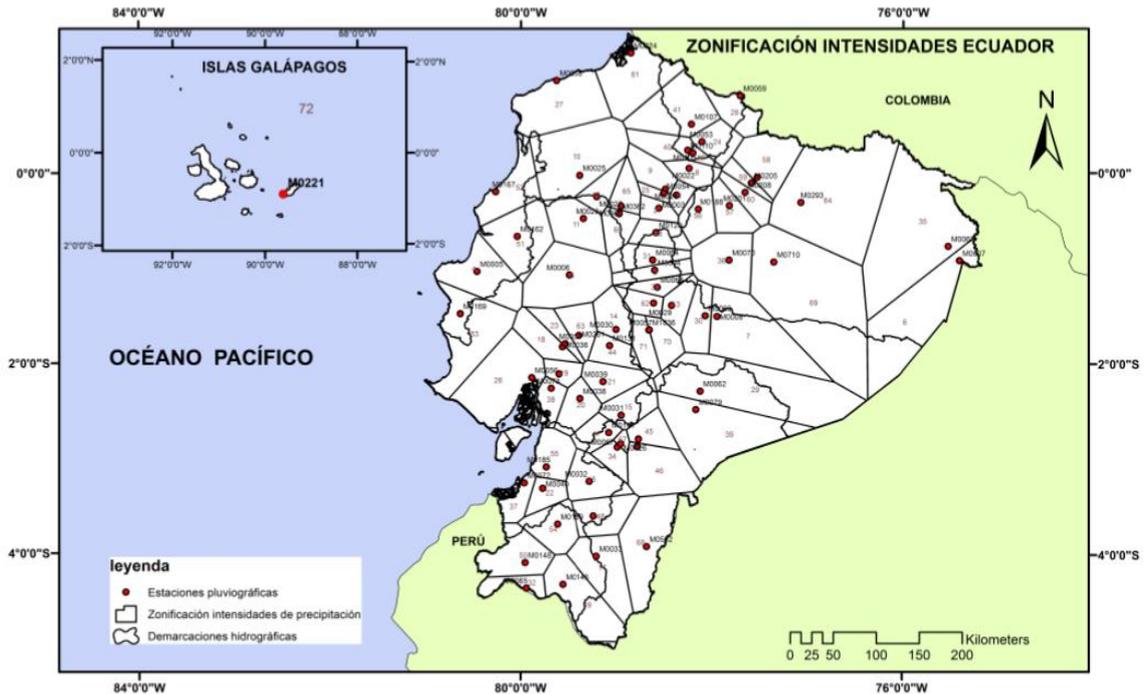


Figura 48 Zonificación de intensidades de precipitación

6.1.1. Período de Retorno

El Período de Retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica.

Para el cálculo del período de retorno se debe analizar la vida útil del proyecto en base a la importancia de la obra, tipo de relieve y posibles afectaciones al trazado vial.

En función del riesgo y de la vida útil de la obra las cunetas laterales se diseñarán para un periodo de retorno de 25 años.

6.1.2. Tiempo de concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más alejado hasta la salida de la cuenca.

Para el presente proyecto utilizamos la fórmula de California Culverts Practice, esencialmente es la ecuación de Kirpich.

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

Donde:

L = Longitud del curso de agua más largo (m)

H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

t_c = Tiempo de concentración (min)

Si se obtienen valores inferiores a 12 minutos, se adoptará $t_c=12$ minutos para el cálculo de la intensidad de precipitación en cuencas de drenaje y cuencas hidrológicas.

6.1.3. Intensidad de precipitación

La Intensidad de Precipitación hace referencia a la cantidad de agua registrada en una unidad de tiempo. Normalmente la intensidad es medida en (mm/h). En base a la intensidad percibida se puede clasificar a la lluvia en débil, media o fuerte.

Ahora, una precipitación intensa está directamente relacionada con una alta intensidad que afecta en general un área o una cuenca hidrográfica, y su importancia radica en la utilización de la misma para proyectos de obras hidráulicas y procesos de erosión hídrica entre otros.

6.1.4. Intensidad máxima en 24 horas determinadas con información pluviográfica

Luego de obtener las precipitaciones máximas para varias duraciones y periodos de retorno, se debe orientarlas en función de la intensidad máxima en 24 horas, acción que sirve para el trazado y ajuste de las curvas de intensidades representado con la siguiente ecuación (INAMHI):

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Ecuación en función de I_d

$$I_{TR} = \frac{K * I_d T_{TR}}{t^n}$$

(Fuente: Estudio de lluvias intensas INAMHI - Luis Rodríguez Fiallos 1999)

Tabla 25 Intensidad duración frecuencia 24 H INAMHI

ESTACIÓN		INTERVALOS DE		ECUACIONES	
CÓDIGO	NOMBRE	TIEMPO			
		(minutos)			
M0064	LATACUNGA AEROPUERTO	5<10	$i = 166.0398 * T^{0.1217} * t^{-0.4919}$	0.9565	0.978
		10<120	$i = 186.7742 * T^{0.1792} * t^{-0.5625}$	0.9832	0.9667
		120<1440	$i = 322.5993 * T^{0.2299} * t^{-0.7982}$	0.9816	0.9636

Donde:

I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno $\left(\frac{mm}{h}\right)$.

I_{dTR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno en $\left(\frac{mm}{h}\right)$.

TR = Periodo de retorno.

t = Tiempo de duración de la lluvia en minutos.

K, m y n = Constantes de ajuste determinado aplicado mínimos cuadrados.

$$I_{TR} = 186.7742 * (25)^{0.1792} * (12)^{-0.5625}$$

$$I_{TR} = 82.34 \text{ mm/h}$$

6.1.5. Caudal de diseño

Para determinar el cálculo de caudales de diseño se utilizó el método racional. El Método Racional supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída, supuesto que se cumple en forma más rigurosa en cuencas mayoritariamente impermeables o en la medida que la magnitud de la lluvia crece y el área de aporte se satura.

Es un método simple empleado para estimar el caudal máximo para cuencas de drenaje pequeñas que no superen los 1.6 km². Permite determinar el caudal en función de los datos de precipitación pluvial del lugar, del área de la cuenca, de la topografía y del tipo del suelo.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

(Fuente: Hidrología Superficial Javier Sánchez San Román).

Dónde:

Q = el caudal máximo probable (m^3 / seg)

C = El coeficiente de escorrentía (Tabla 4)

I = la intensidad de la precipitación (mm/h)

A = Área de la cuenca de drenaje (Ha)

6.1.6. Coeficiente de escorrentía

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal.

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)
Pavimentos de hormigón y asfálticos	0,70 - 0,95
Pavimentos adoquinados	0,60 - 0,70
Pavimentos de Macadán	0,30 - 0,60
Superficie de grava	0,15 - 0,30
Zonas arboladas y bosques	0,10 - 0,20
Zonas con vegetación densa:	
Terrenos granulares	0,05 - 0,35
Terrenos arcillosos	0,15 - 0,56
Zonas con vegetación media:	
Terrenos granulares	0,10 - 0,50
Terrenos arcillosos	0,30 - 0,75
Tierra sin vegetación	0,20 - 0,80
Zonas cultivables	0,20 - 0,40

Figura 49 Coeficiente de escorrentía

Se utilizará el coeficiente de escorrentía promedio para pavimentos asfálticos y de hormigón con un valor de de 0.825.

Tabla 26 Caudal parcial para cunetas

Sitio de descarga	Nº de tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Long. De tramo	Área (m2)	C	Tc (min)	I (mm/h)	Qcvi acumulado (lts/s)	Qcvi acumulado (lts/s)
1	1	0	615.96	615.96	2864.21	0.825	12.00	82.34	54.09	54.09
	2	615.96	934.88	318.92	1482.98	0.825	12.00	82.34		
2	3	934.88	1175	240.12	1116.56	0.825	12.00	82.34	49.09	49.09
	4	1175	1208.63	33.63	156.38	0.825	12.00	82.34		
	5	1208.63	1310.56	101.93	947.95	0.825	12.00	82.34		
	6	1310.56	1522.49	211.93	985.47	0.825	12.00	82.34		
3	7	1522.49	1602.23	79.74	741.58	0.825	12.00	82.34	37.57	41.47
	8	1602.23	1625	22.77	105.88	0.825	12.00	82.34		
4	9	1625	1918.09	293.09	1362.87	0.825	12.00	82.34	35.13	35.13
5	10	1918.09	2025	106.91	497.13	0.825	12.00	82.34		
5	11	2025	2425	400	1860.00	0.825	12.00	82.34	35.13	35.13
	12	2425	2599.97	174.97	813.61	0.825	12.00	82.34		
6	13	2599.97	3025	425.03	1976.39	0.825	12.00	82.34	52.69	52.69
	14	3025	3102.79	77.79	361.72	0.825	12.00	82.34		
7	15	3102.79	3325	222.21	1033.28	0.825	12.00	82.34	68.83	54.11
	16	3325	3508.14	183.14	851.60	0.825	12.00	82.34		
8	17	3508.14	3591.97	83.83	779.62	0.825	12.00	82.34	52.23	46.81
	18	3591.97	3725	133.03	618.59	0.825	12.00	82.34		
	19	3725	4026.97	301.97	1404.16	0.825	12.00	82.34		
	20	4026.97	4124.33	97.36	905.45	0.825	12.00	82.34		
	21	4124.33	4222.4	98.07	456.03	0.825	12.00	82.34		

6.2. Diseño del drenaje longitudinal

Para realizar el diseño se la sección transversal de las cunetas utilizamos la ecuación de Manning y la ecuación de continuidad de flujo.

La velocidad en la cuneta en ningún momento puede ser superior a 6 m/s y tampoco inferior a 0.6 m/s esto para evitar la erosión y la sedimentación respectivamente.

6.2.1. Ecuación de Manning

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

Dónde:

$Q =$ Caudal, (m^3 / s)

$v =$ velocidad, (m / s)

$W =$ Área de flujo, (km^2)

$n =$ Coeficiente de rugosidad de Manning

$R =$ Radio hidráulico, (m)

$S =$ pendiente del canal, (m / m)

Ecuación de continuidad de flujo

$$Q = V * W$$

Dónde:

$Q =$ Caudal, (m^3 / s)

$v =$ velocidad, (m / s)

$W =$ Área de flujo, (km^2)

Nota:

$N = 0,11$ (Coeficiente de rugosidad para Cemento, superficie pulida) **Fuente especificada no válida.**

$Z1 = 3$

$Z2 = 0.5$

A continuación, se presentan las siguientes relaciones geométricas y la capacidad hidráulica de las cunetas triangulares:

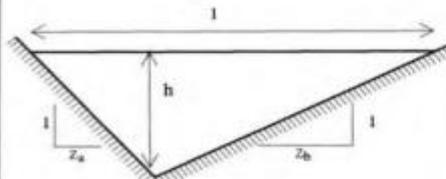
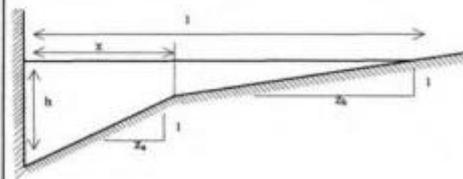
Relaciones geométricas	
Tipo de Cuneta o Canal	
	 
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$
Area (x)	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
Perímetro Mojado (P)	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}$

Figura 50 Tramo de carretera

En las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, pág. 256), se da a conocer la siguiente sección típica para cunetas triangulares:

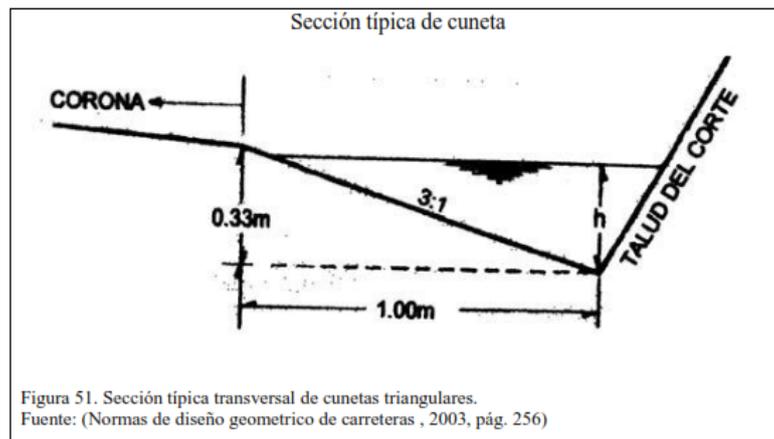


Figura 51 Sección típica

6.2.2. Borde libre

Es la distancia vertical que hay entre el nivel normal del agua al extremo superior de las paredes del canal. Su objetivo es evitar que el canal rebose cuando ingrese mayor cantidad de agua que la proyectada, ya que ello podría producir daños en el talud de corte como en la calzada de la vía.

Tabla 27 Resultado del diseño hidráulico.

Qdis (m3/s)	Qc (m3/s)	V (m/s)	n	y (m)	l	h	L
0.0541	0.0541	0.41	0.11	0.274	0.96	0.3	1.05
0.0491	0.0491	0.34	0.11	0.286	1.00	0.3	1.05
0.0415	0.0415	0.34	0.11	0.263	0.92	0.3	1.05
0.0351	0.0351	0.35	0.11	0.241	0.84	0.3	1.05
0.0351	0.0351	0.35	0.11	0.241	0.84	0.3	1.05
0.0527	0.0527	0.38	0.11	0.280	0.98	0.3	1.05
0.0688	0.0688	0.41	0.11	0.310	1.08	0.35	1.25
0.0522	0.0522	0.38	0.11	0.279	0.98	0.35	1.25

La cuneta de diseño es:

De 0.35 de altura con una longitud total de 1.25 metros, tal cual se muestra en el siguiente grafico

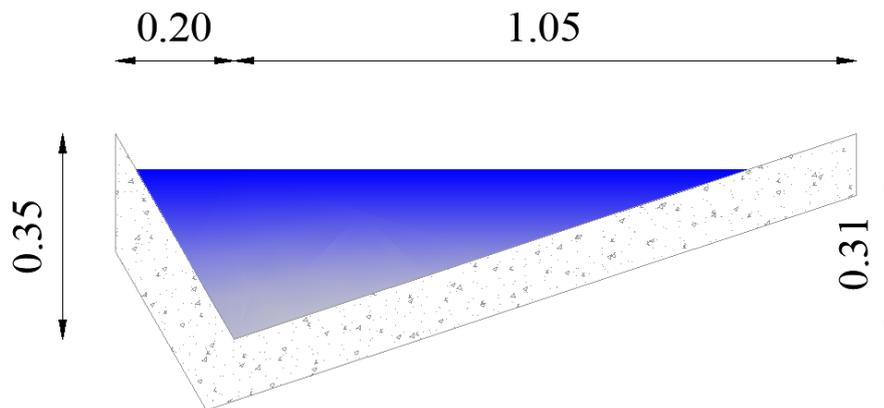


Figura 52 La cuneta de diseño

6.3. Diseño del drenaje transversal

Se deberán adoptar un periodo de retorno de 10 años para alcantarillas de hasta 3 m² de sección.

6.3.1. Consideraciones generales.

En las (Normas de diseño geométrico de carreteras, 2003, págs. 285-290) se presentan las siguientes consideraciones para un adecuado dimensionamiento hidráulico de alcantarillas:

6.3.2. Localización

Es importante porque influirá en la dimensión de la sección, la conservación de la estructura y el posible colapso del cuerpo de la carretera. 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.

6.3.3. Alineación

Consiste en proporcionar a la corriente una entrada y una salida directas y se deberá tener presente que es conveniente evitar que el cauce cambie bruscamente de dirección, en cualquier de los extremos de la alcantarilla, puesto que se retardaría el flujo de la corriente, provocando un embalse excesivo y, posiblemente, hasta el colapso del terraplén.

6.3.4. Pendiente

La pendiente ideal para una alcantarilla es aquella que no produzca sedimentación, ni velocidades excesivas y erosión, y que, a su vez, permita la menor longitud de la estructura.

Para evitar la sedimentación, la pendiente mínima será 0,5 por ciento, además, es conveniente que el fondo de la alcantarilla coincida con el nivel promedio del cauce, aguas arriba y aguas abajo de la estructura.

6.3.5. Longitud de la alcantarilla

Dependerá del ancho de la corona de la carretera, de la altura del terraplén, de la pendiente del talud, de la alineación y pendiente de la alcantarilla, además la

longitud deberá ser suficiente para que sus extremos (entrada y salida) no queden obstruidos con sedimentos ni sean cubiertos por el talud del terraplén.

6.3.6. Velocidad de la corriente

La necesidad de protección contra la erosión, la velocidad a la entrada y/o salida deben compararse con la máxima velocidad permisible (no erosiva) del material del cauce. Cuando la velocidad de salida resulte muy alta o el material del cauce es particularmente susceptible a la erosión, podrían requerirse dispositivos para disipar la energía del escurrimiento de salida.

6.3.6.1. Velocidades máximas permisibles a la salida de la alcantarilla.

TIPO DE SUELO	VELOCIDAD (m/s)
Arena fina - no coloidal	0.75
Greda arenosa - no coloidal	0.75
Greda limosa - no coloidal	0.90
Greda firme	1.00
Grava firme	1.20
Arcilla dura - muy coloidal	1.40
Limos aluviales – coloidales	1.40
Limos aluviales - no coloidales	0.90
MATERIALES GRADADOS NO COLOIDALES	
Greda a grava	1.40
Limos a grava	1.60
Grava	1.80
Grava gruesa	2.00
Grava a cantos rodados	2.30

Fuente: (Salgado N, 1989, pág. 407).

Figura 53 Velocidades máximas permisibles a la salida de la alcantarilla

6.3.6.2. Carga admisible a la entrada

Se considera como la profundidad de agua hasta la rasante de la alcantarilla, la carga permisible (HEP), se determina como la menor de las establecidas según los siguientes criterios:

1. Disponer de un bordo libre mínimo de 1,00 m, medido desde el nivel de la rasante.
2. La carga en la entrada no debe ser mayor a 1,2 veces la altura del ducto.

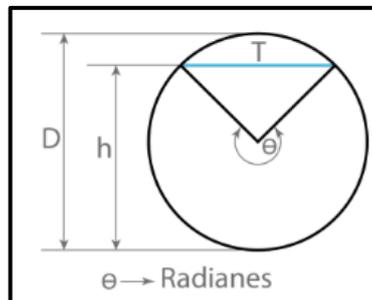
6.4.6.4 Diseño de la alcantarilla

Como paso preliminar se ha concentrado los caudales antes determinados en los sitios de descarga para diseñar un número de menor de alcantarillas:

Tabla 28 Diseño de la alcantarilla

Sitio de descarga	Nº de tramo	Qtotale (lts/s)
1	1	91.75
	2	
2	3	83.27
	4	
3	5	67.03
	6	
	7	
	8	
	9	
4	10	59.58
	11	
5	12	59.58
	13	
6	14	89.37
	15	
	16	
	17	
	18	
7	19	104.27
	20	
	21	
8	20	84.00
	21	

A continuación, se presentan las propiedades geométricas de la alcantarilla circular:



Espejo de agua:

$$T = D * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

Relación diámetro/calado:

$$h = \frac{D}{2} * \left(1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \right)$$

Área:

$$A = \frac{1}{8} * (\theta - \text{sen } \theta) * D^2$$

Perímetro mojado:

$$P = \theta * \frac{D}{2}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right)$$

Calado crítico:

$$Y_c = \left(\frac{1.01}{D^{0.26}} \right) * \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{0.25}$$

Para determinar el diámetro de la alcantarilla se utilizará el monograma de Thorman el cual considera, la relación entre el volumen de agua que puede conducir la sección totalmente y el volumen parcial que puede conducir la sección.

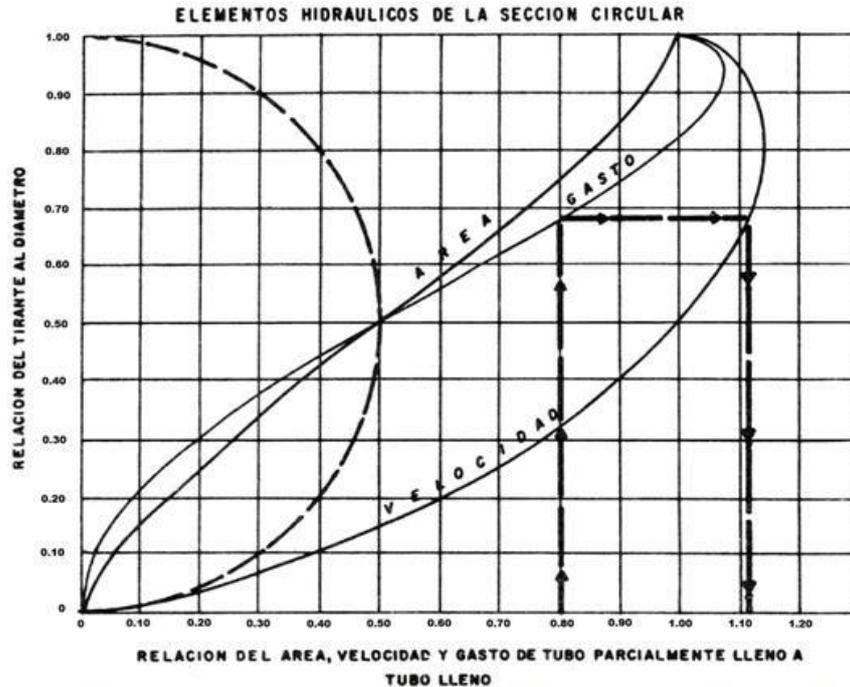


Figura 54 Esquema de elementos hidráulicos para sección circular

$$k = Qd/Q$$

Donde:

k = Modulo de gasto

Qd = Caudal de diseño (m³/s)

Q = Caudal con flujo lleno (m³/s)

Con ayuda de ecuación de Manning se determinará el caudal de flujo lleno para el diámetro de la alcantarilla sumido:

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

Dónde:

Q = Caudal con flujo lleno (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Área hidráulica de la sección (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente longitudinal (m/m)

El coeficiente de manning corresponde a una tubería de metal corrugado con valor de 0.022

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

Figura 55 Valores de coeficiente de magnitud

se calcula con la siguiente ecuación experimental

$$V_{\text{diseño}} = (0.28123942017555 * k - 18.884444519043 * k^2 + 35.221614837646 * k^3 - 30.540842056274 * k^4 + 9.8056392669678 * k^5) * V$$

Tabla 29 La velocidad de diseño

N°	Tipo	Abscisa	QT	L	D	Cota	Cota	I	n	V	Q
			(lts/s)	(m)	(mm)	inicial	final		Manning	m/s	l/s
1	Alcantarilla	615.96	91.75	17.98	1400	2908.54	2906.5	11.35%	0.022	1.000	1539.839
2	Alcantarilla	1175	83.27	14.74	1400	2921.52	2919.43	14.18%	0.022	1.118	1721.390
3	Alcantarilla	1625	67.03	14.43	1400	2908.54	2907.5	7.21%	0.022	0.797	1227.265
4	Alcantarilla	2025	59.58	14.18	1400	2898.3	2897.5	5.64%	0.022	0.705	1085.830
5	Alcantarilla	2425	59.58	14	1400	2877.86	2876.61	8.93%	0.022	0.887	1365.985
6	Alcantarilla	3025	89.37	14.5	1400	2879.99	2877.77	15.31%	0.022	1.162	1788.741
7	Alcantarilla	3325	104.27	14.25	1400	2868.17	2867.13	7.30%	0.022	0.802	1234.992
8	Alcantarilla	3775	84.00	14	1400	2870.02	2869.36	4.71%	0.022	0.645	992.574

N°	Qd/Q	Vdiseño	Calado	Y crítico	Tipo de Flujo	Yc-D/2	α	Θ	R
		m/s	Y (m)	Yc (m)			rad	rad	
1	0.060	0.534	0.834	0.007	Subcrítico	-0.69	0.78	1.58	0.129
2	0.048	0.553	0.677	0.005	Subcrítico	-0.70	0.78	1.58	0.128
3	0.055	0.412	0.765	0.003	Subcrítico	-0.70	0.78	1.58	0.128
4	0.055	0.365	0.768	0.003	Subcrítico	-0.70	0.78	1.57	0.128
5	0.044	0.423	0.611	0.002	Subcrítico	-0.70	0.78	1.57	0.128
6	0.050	0.581	0.700	0.006	Subcrítico	-0.69	0.78	1.58	0.128
7	0.084	0.489	1.182	0.011	Subcrítico	-0.69	0.78	1.59	0.130

Por lo tanto, el diámetro de la alcantarilla es de 1400 mm.

6.5.6.5 Sección de control

La sección de control es aquella donde se da la transición del régimen subcrítico a supercrítico, es decir que la sección de control representa la situación crítica del sistema y las características del flujo.

6.5.1. Control de entrada.

El control de entrada, la rugosidad, la longitud del conducto y las condiciones de la salida (incluyendo la profundidad del agua inmediatamente aguas abajo) no son factores determinantes de la capacidad de la alcantarilla. Un aumento de la pendiente del conducto reduce la profundidad del remanso de entrada en una cantidad ínfima, de manera que cualquier corrección por gradiente puede despreciarse en las alcantarillas que escurren bajo control de entrada.

Si el nivel de agua es tal que $He \leq 1.2D$ entonces, el escurrimiento será a flujo libre por lo tanto su pendiente es suficiente:



Figura 56 Control a la entrada de alcantarilla

Si el nivel de agua a la entrada de la alcantarilla es tal que $He > 1.25D$ entonces, las aguas escurrirán libremente a conducto con flujo lleno, según la longitud y la pendiente que tenga la alcantarilla, luego de ocurrir una fuerte contracción en la entrada:

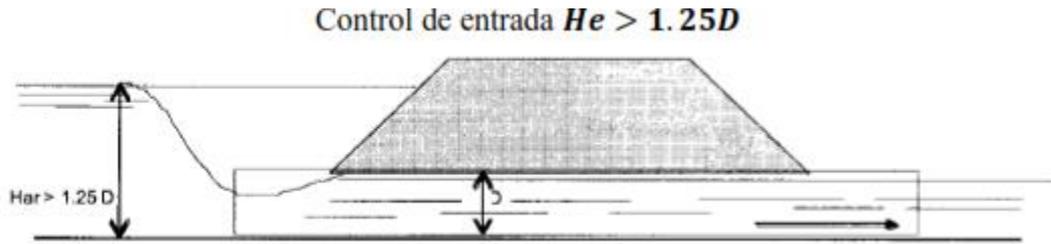


Figura 57 Control a la entrada de la alcantarilla si He es mayor $1.25D$

Para determinar la altura del agua a la entrada del conducto utilizaremos la siguiente ecuación:

$$He = dc + (1 + Ke) \frac{Vc^2}{2g}$$

$$dc = 0.468 * \sqrt[3]{\frac{Q^2}{D^2}}$$

Donde:

He = Carga a la entrada (m)

D = Diámetro de la alcantarilla (m).

dc = Profundidad crítica, en metros (m).

Ke = Coeficiente de pérdidas en la entrada

Vc = Velocidad a la profundidad crítica (m/s).

g = Aceleración de la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Por lo tanto, para determinar la altura del agua a la entrada de la alcantarilla se tomará los siguientes datos:

6.5.2. Control de salida.

El escurrimiento en alcantarillas con control de salida puede presentarse con conducto lleno o parcialmente lleno, ya sea en una zona o en toda la longitud de la alcantarilla.

Por lo que debemos verificar lo siguiente: Si el nivel de agua en la salida es mayor de $He > 0.75D$ entonces, se considera que el escurrimiento dentro del conducto es a flujo lleno a lo largo de toda la alcantarilla:

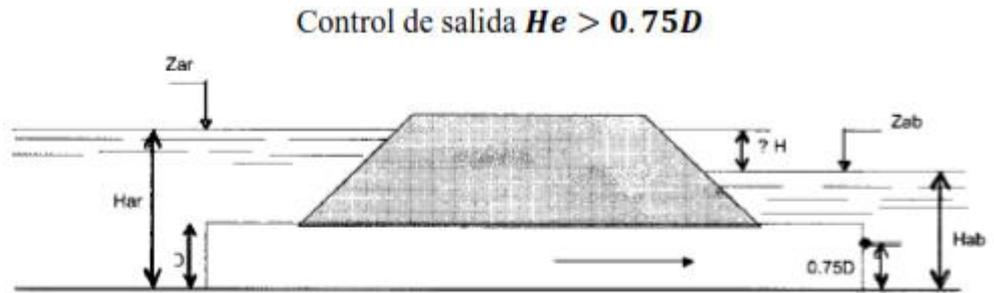


Figura 58 Control a la salida de la alcantarilla

Si el nivel de agua en la salida es menor de $He < 0.75D$ entonces, se considera que el escurrimiento dentro del conducto es a flujo lleno hasta cierta longitud dentro de la alcantarilla:

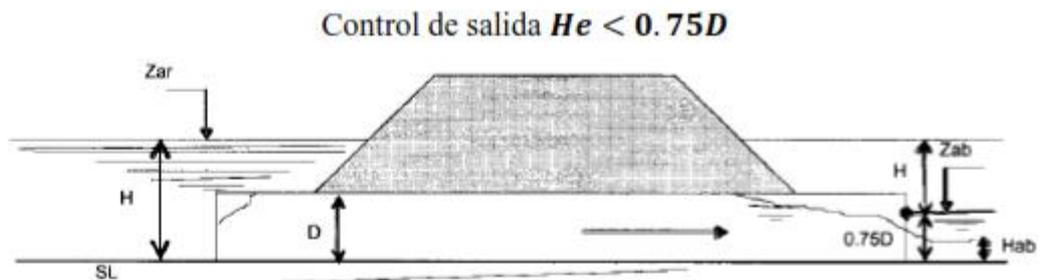


Tabla 30 Control de salida.

Nº	He	$He < 1,2D$	$He > 0,75D$
1	0.74	Flujo libre	Flujo libre
2	0.74	Flujo libre	Flujo libre
3	0.72	Flujo libre	Flujo libre
4	0.72	Flujo libre	Flujo libre
5	0.72	Flujo libre	Flujo libre
6	0.74	Flujo libre	Flujo libre
7	0.74	Flujo libre	Flujo libre
8	0.72	Flujo libre	Flujo libre

6.6. Protección contra la socavación local

6.6.1. Cabezal tipo cajón y muros de cabecera.

Estos aumentan la eficiencia y ayudan a retener el talud del terraplén y complementados con muros de ala que servirán para encauzar el agua hacia la alcantarilla, a su vez aumenta la capacidad de la alcantarilla, lo que permite trabajar

para un caudal dado con una carga menor, estos elementos se presentan en la siguiente figura (Normas de diseño geométrico de carreteras , 2003, pág. 308).

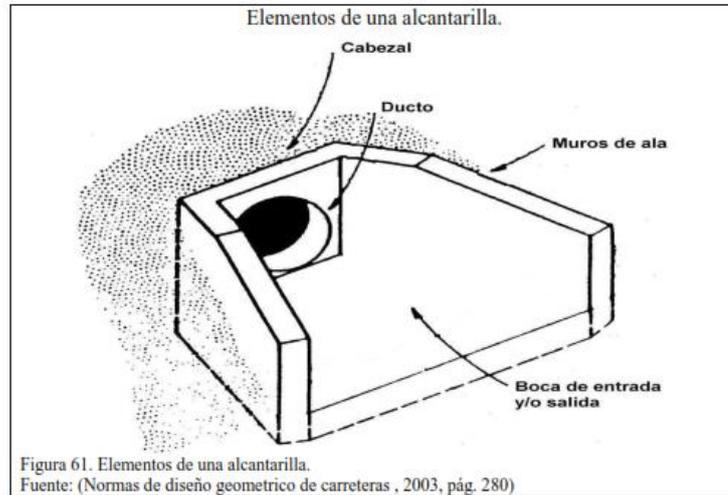


Figura 59 Cabezal tipo cajón y muros de cabecera.

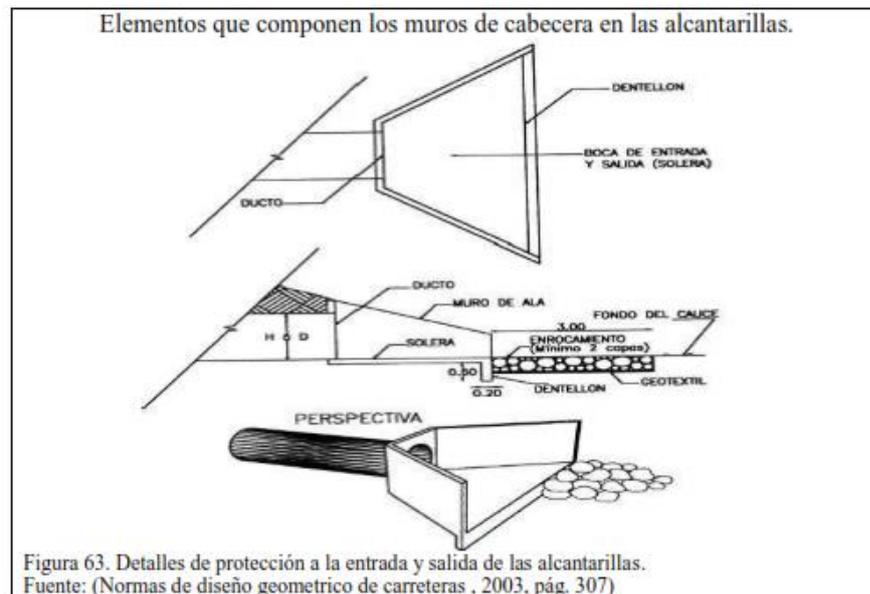


Figura 60 detalles de protección a la entrada y salida de las alcantarillas

6.6.2. Muro de ala con ángulo abierto:

Se utiliza en la mayoría de los casos, especialmente en cauces definidos con velocidades de llegada moderadas. (Con coeficientes de entrada $K_e = 0,30$ para aristas vivas y $K_e = 0,20$ para cantos redondeados).

6.6.3. Dimensionamiento

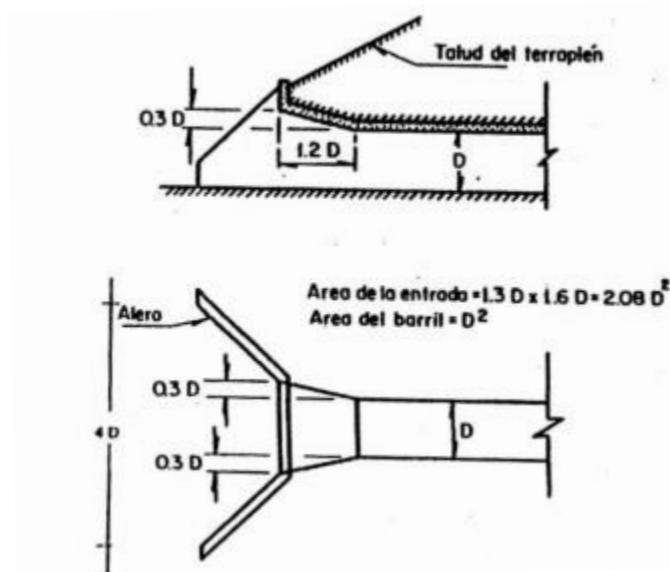


Figura 61 Dimensionamiento

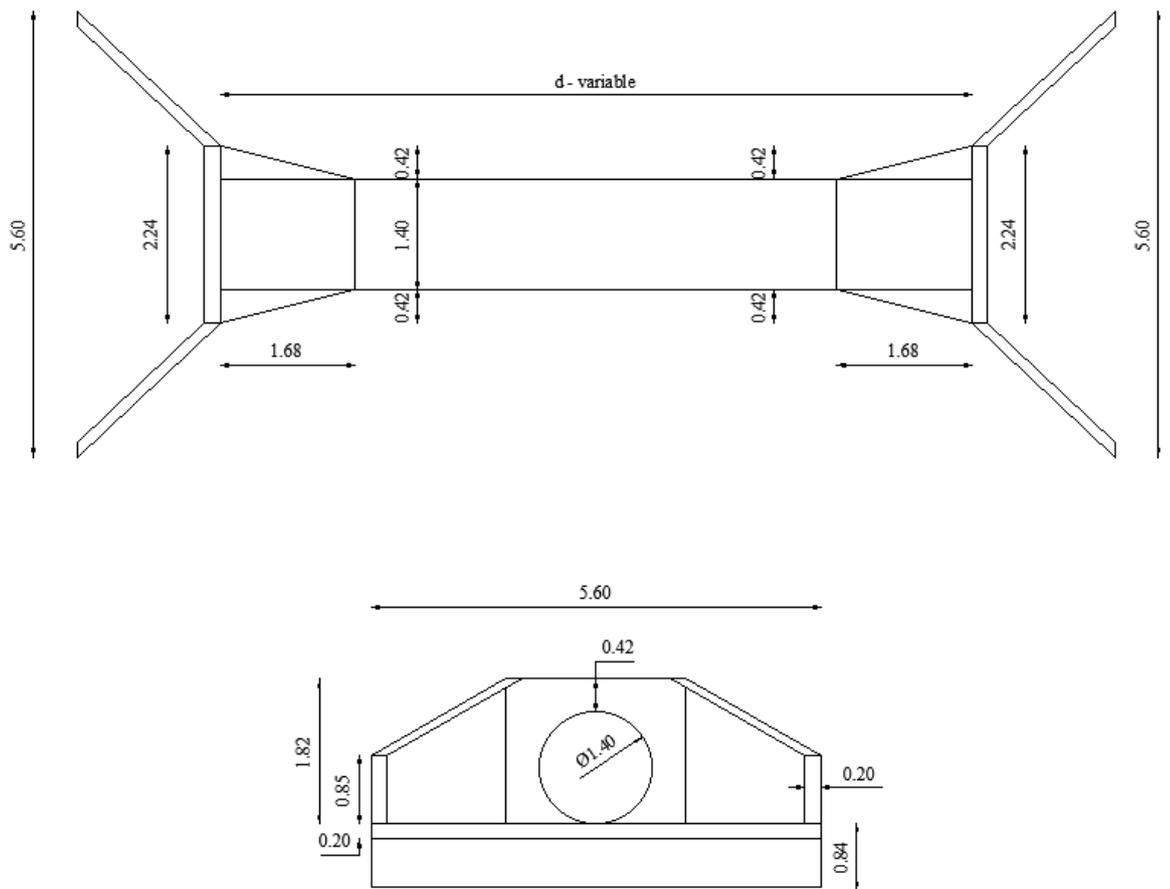


Figura 62 Dimensionamiento

CAPITULO VII MOVIMIENTO DE TIERRAS

7.1. Definición

El movimiento de tierras es el conjunto de actividades que causan modificaciones necesarias al terreno hasta llegar al nivel de la sub rasante: El movimiento de tierras está constituido principalmente por las siguientes actividades:

- Limpieza, desmonte y desbroce
- Excavación
- Transporte
- Relleno

Para (Morales Sosa, 2006, pág. 154) los principales objetivos del diagrama de masas son:

1. Compensar cortes y rellenos
2. Fijar el sentido de los movimientos de materiales
3. Fijar los límites de acarreo libre
4. Calcular los sobres acarreo
5. Controlar los volúmenes de préstamo y de bote

Utilizando el software AutoCAD Civil 3D, se han calculado las áreas de corte y relleno para las secciones transversales de la vía, generadas con un intervalo de 10 m y en cada PC y PT. En el Anexo N se muestran las secciones transversales para cada vía, con intervalos de 20 m y en cada PC y PT. Utilizando secciones consecutivas y suponiendo que estas forman un sólido geométrico compuesto de elementos conocidos, se realizará el cálculo del volumen comprendido por dichas secciones. Para ello, a continuación, se identifican tres tipos de sólidos geométricos y su ecuación correspondiente para calcular su volumen.

7.2. Diagrama de Masas

Es la representación gráfica del volumen de tierra a ser movida y de las distancias que hay que transportarlo, en un tramo determinado de la carretera en construcción.

El diagrama de masas o curva de masa, es la representación gráfica del volumen de tierra acumulado neto (corte y relleno), con respecto a cada estación de la vía. Por convención los cortes se llevan hacia arriba y el relleno hacia abajo en el eje de las ordenadas.

7.2.1. Prismoide.

Es el sólido limitado por las caras paralelas de las secciones transversales, los planos de los taludes, el plano de la banca y la superficie del terreno natural [19].

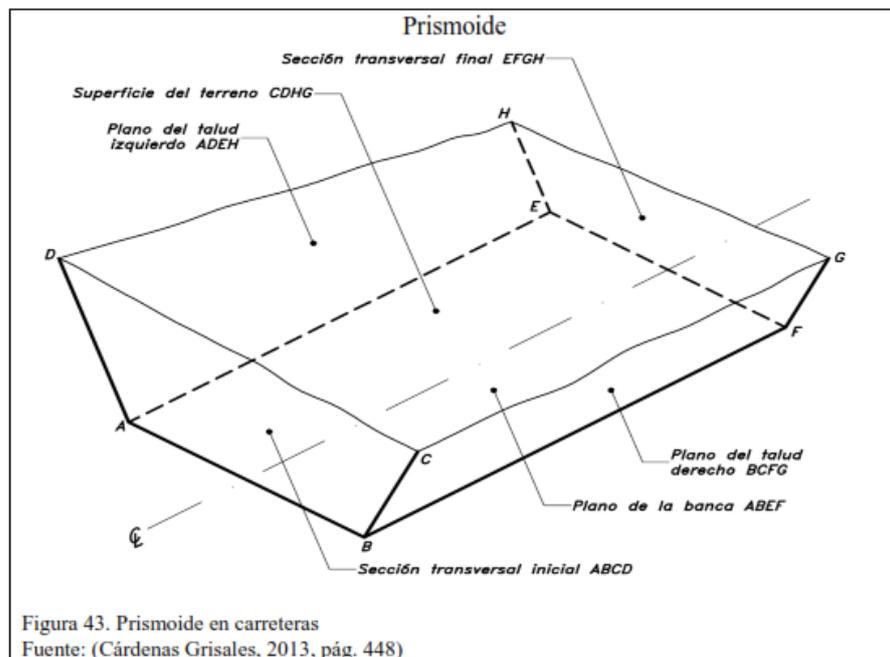


Figura 63 Prismoide

Su volumen es igual a:

$$V = L/6 * (A1 + A2 + Am)$$

Dónde:

V = Volumen del prismoide

$L1$ = Distancia entre las secciones transversales extremas, m

$A1$ = Área de la sección transversal extrema inicial

$A2$ = Área de la sección transversal extrema final

A_m = Área de la sección media (situada a $L/2$)

A continuación, se muestran las curvas de masa obtenida:

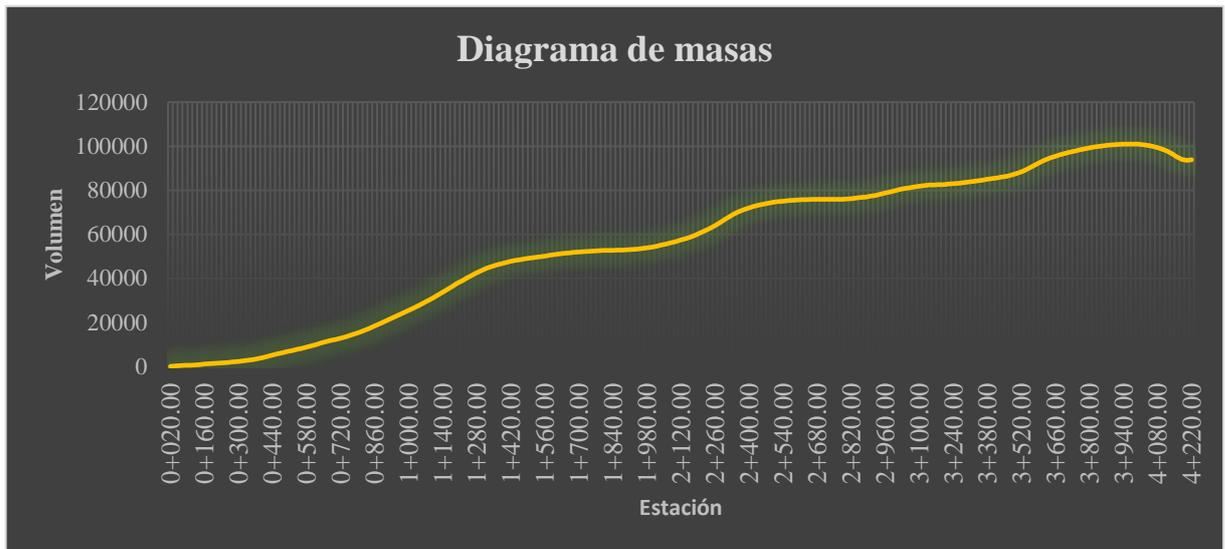


Figura 64 Diagrama de masas

Tabla 31 Tabla de volúmenes

Tabla de Volúmenes						
Estación	Área de Relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Vol a. de relleno	Vo. a. de corte
0+020.00	0.05	5.63	0	0	0	0
0+040.00	0.01	8.82	0.65	144.54	0.65	144.54
0+060.00	0.04	7.16	0.56	159.77	1.21	304.31
0+080.00	0	5.94	0.46	130.97	1.67	435.28
0+100.00	0	7.05	0.01	129.95	1.68	565.24
0+120.00	0	7.07	0	141.25	1.69	706.49
0+140.00	0	8.22	0	152.95	1.69	859.44
0+160.00	0	7.87	0	160.9	1.69	1020.34
0+180.00	0	7.33	0	151.96	1.69	1172.3
0+200.00	0	7.61	0	149.37	1.69	1321.67
0+220.00	0	7.57	0	151.75	1.69	1473.43
0+240.00	0	8.53	0	160.97	1.69	1634.39

0+260.00	0	10.45	0	189.79	1.69	1824.18
0+280.00	0	12.1	0	225.53	1.69	2049.71
0+300.00	0	13.44	0	255.41	1.69	2305.12
0+320.00	0	12.11	0	255.51	1.69	2560.64
0+340.00	0	15.3	0	274.15	1.69	2834.78
0+360.00	0	19.37	0	346.72	1.69	3181.5
0+380.00	0	20.93	0	403.01	1.69	3584.52
0+400.00	0	25.38	0	463.14	1.69	4047.65
0+420.00	0	27.47	0	528.55	1.69	4576.2
0+440.00	0	28.6	0	560.77	1.69	5136.97
0+460.00	0	27.06	0	556.66	1.69	5693.63
0+480.00	0	26.3	0	533.65	1.69	6227.29
0+500.00	0	25.03	0	513.35	1.69	6740.63
0+520.00	0	23.4	0	484.3	1.69	7224.94
0+540.00	0	23.89	0	472.85	1.69	7697.79
0+560.00	0	25.18	0	490.61	1.69	8188.4
0+580.00	0	26.3	0	514.72	1.69	8703.12
0+600.00	0	33.86	0	601.61	1.69	9304.73
0+620.00	0	33.61	0	674.65	1.69	9979.39
0+640.00	0	31.4	0	650.14	1.69	10629.53
0+660.00	0	27.36	0	587.59	1.69	11217.12
0+680.00	0	26.3	0	536.61	1.69	11753.73
0+700.00	0	26.27	0	525.72	1.69	12279.46
0+720.00	0	29.34	0	556.11	1.69	12835.56
0+740.00	0	31.31	0	606.46	1.69	13442.02
0+760.00	0	34.04	0	653.5	1.69	14095.52
0+780.00	0	37.41	0	714.52	1.69	14810.04
0+800.00	0	40.81	0	782.21	1.69	15592.25
0+820.00	0	44.5	0	853.16	1.69	16445.41
0+840.00	0	48.02	0	925.24	1.69	17370.65
0+860.00	0	50.33	0	983.52	1.69	18354.18
0+880.00	0	50.59	0	1009.23	1.69	19363.41
0+900.00	0	48.51	0	991.06	1.69	20354.47
0+920.00	0	49.69	0	982.01	1.69	21336.48
0+940.00	0	51.47	0	1011.68	1.69	22348.16
0+960.00	0	49.83	0	1012.95	1.69	23361.12
0+980.00	0	50.5	0	1003.31	1.69	24364.42
1+000.00	0	53.09	0	1035.98	1.69	25400.4
1+020.00	0	55.9	0	1089.97	1.69	26490.37
1+040.00	0	57.17	0	1130.72	1.69	27621.09
1+060.00	0	57.88	0	1150.48	1.69	28771.57
1+080.00	0	58.87	0	1167.49	1.69	29939.06
1+100.00	0	61.01	0	1198.81	1.69	31137.87
1+120.00	0	62.95	0	1239.66	1.69	32377.53
1+140.00	0	65.34	0	1282.93	1.69	33660.46
1+160.00	0	67.45	0	1327.93	1.69	34988.39
1+180.00	0	68.54	0	1359.95	1.69	36348.34
1+200.00	0	66.31	0	1348.54	1.69	37696.88
1+220.00	0	62.28	0	1285.92	1.69	38982.8
1+240.00	0	59.29	0	1215.72	1.69	40198.52

1+260.00	0	62.8	0	1220.95	1.69	41419.47
1+280.00	0	54.18	0	1169.86	1.69	42589.33
1+300.00	0	49.19	0	1033.73	1.69	43623.06
1+320.00	0	42.58	0	917.7	1.69	44540.76
1+340.00	0	36.88	0	794.63	1.69	45335.38
1+360.00	0	32.91	0	697.95	1.69	46033.33
1+380.00	0	29.69	0	626.07	1.69	46659.4
1+400.00	0	26.26	0	559.51	1.69	47218.92
1+420.00	0	23.39	0	496.47	1.69	47715.38
1+440.00	0	20.07	0	434.57	1.69	48149.95
1+460.00	0	18.58	0	386.5	1.69	48536.45
1+480.00	0	16.99	0	355.7	1.69	48892.15
1+500.00	0	15.96	0	329.49	1.69	49221.64
1+520.00	0	14.7	0	306.62	1.69	49528.26
1+540.00	0	15.44	0	301.38	1.69	49829.64
1+560.00	0	15.72	0	311.56	1.69	50141.2
1+580.00	0	15.59	0	313.11	1.69	50454.31
1+600.00	0	15.18	0	307.76	1.69	50762.07
1+620.00	0	14.89	0	300.69	1.69	51062.76
1+640.00	0	13.81	0	286.93	1.69	51349.69
1+660.00	0	11.07	0	248.73	1.69	51598.42
1+680.00	0	9.22	0	202.86	1.69	51801.27
1+700.00	0	7.69	0	169.12	1.69	51970.4
1+720.00	0	9.23	0	169.23	1.69	52139.62
1+740.00	0	8.3	0	175.32	1.69	52314.95
1+760.00	0	3.9	0	122.06	1.69	52437
1+780.00	0	5.01	0	89.17	1.69	52526.18
1+800.00	0	4.72	0	97.33	1.69	52623.51
1+820.00	0	3.15	0	78.67	1.69	52702.17
1+840.00	0	2.96	0	61.05	1.69	52763.22
1+860.00	0	3.59	0	65.51	1.69	52828.73
1+880.00	0	4.24	0	78.33	1.69	52907.06
1+900.00	0	5.39	0	96.28	1.69	53003.34
1+920.00	0	7.33	0	127.18	1.69	53130.52
1+940.00	0	10.26	0	175.92	1.69	53306.44
1+960.00	0	11.78	0	220.45	1.69	53526.89
1+980.00	0	14.41	0	261.88	1.69	53788.77
2+000.00	0	21.24	0	356.49	1.69	54145.26
2+020.00	0	23.39	0	446.32	1.69	54591.58
2+040.00	0	27.09	0	504.76	1.69	55096.34
2+060.00	0	26.77	0	538.62	1.69	55634.95
2+080.00	0	28.1	0	548.69	1.69	56183.65
2+100.00	0	31.55	0	596.41	1.69	56780.06
2+120.00	0	32.61	0	641.51	1.69	57421.57
2+140.00	0	35.46	0	680.62	1.69	58102.19
2+160.00	0	39.74	0	751.99	1.69	58854.18
2+180.00	0	43.38	0	831.24	1.69	59685.41
2+200.00	0	48.39	0	917.73	1.69	60603.15
2+220.00	0	54.19	0	1025.84	1.69	61628.99
2+240.00	0	59.64	0	1138.32	1.69	62767.31

2+260.00	0	63.25	0	1228.86	1.69	63996.17
2+280.00	0	67.82	0	1310.7	1.69	65306.87
2+300.00	0	70.25	0	1380.79	1.69	66687.66
2+320.00	0	65.75	0	1360.08	1.69	68047.74
2+340.00	0	58.87	0	1246.21	1.69	69293.95
2+360.00	0	47.39	0	1062.6	1.69	70356.55
2+380.00	0	40.81	0	882.04	1.69	71238.6
2+400.00	0	35.79	0	765.97	1.69	72004.56
2+420.00	0	31.2	0	669.85	1.69	72674.41
2+440.00	0	26.82	0	580.17	1.69	73254.58
2+460.00	0	22.37	0	491.86	1.69	73746.44
2+480.00	0	19.07	0	414.4	1.69	74160.83
2+500.00	0	16.24	0	353.13	1.69	74513.96
2+520.00	0	13.97	0	302.1	1.69	74816.07
2+540.00	0	12.22	0	261.86	1.69	75077.92
2+560.00	0	11.14	0	233.61	1.69	75311.53
2+580.00	0	7.7	0	188.4	1.69	75499.94
2+600.00	0	4.86	0	125.43	1.69	75625.37
2+620.00	0	3.98	0	88.33	1.69	75713.69
2+640.00	0	2.63	0	66.06	1.69	75779.75
2+660.00	0	1.24	0	38.7	1.69	75818.46
2+680.00	0	0.5	0	17.36	1.69	75835.82
2+700.00	0.03	0.16	0.25	6.59	1.94	75842.41
2+720.00	0.15	0.27	1.7	4.32	3.64	75846.73
2+740.00	0.13	0.85	2.74	11.18	6.39	75857.91
2+760.00	0	2.11	1.34	29.57	7.72	75887.48
2+780.00	0	4.3	0.04	64.06	7.77	75951.54
2+800.00	0	6.28	0	105.81	7.77	76057.35
2+820.00	0	7.29	0	135.68	7.77	76193.03
2+840.00	0	15.94	0	232.29	7.77	76425.31
2+860.00	0	12.07	0	280.11	7.77	76705.42
2+880.00	0	14.19	0	262.59	7.77	76968.01
2+900.00	0	18.75	0	329.46	7.77	77297.47
2+920.00	0.36	21.47	3.64	402.21	11.41	77699.69
2+940.00	0	27.6	3.64	490.69	15.05	78190.38
2+960.00	0	26.65	0	542.49	15.05	78732.87
2+980.00	0	27.47	0	541.19	15.05	79274.06
3+000.00	0	26.25	0	537.27	15.05	79811.33
3+020.00	0	25.1	0	513.51	15.05	80324.84
3+040.00	0	21.6	0	466.92	15.05	80791.76
3+060.00	0.09	17.97	0.94	395.62	15.99	81187.38
3+080.00	0	14.31	0.94	322.78	16.93	81510.17
3+100.00	0	19.99	0.04	343	16.97	81853.17
3+120.00	0.22	13.87	2.22	339.24	19.19	82192.4
3+140.00	0.1	4.4	3.26	182.68	22.45	82375.08
3+160.00	0.07	3.55	1.77	79.48	24.21	82454.57
3+180.00	0.16	4.38	2.3	79.31	26.52	82533.88
3+200.00	0	7	1.58	113.81	28.09	82647.68
3+220.00	0	8.74	0	157.38	28.09	82805.06
3+240.00	0	10.6	0	193.37	28.09	82998.44

3+260.00	0	12.03	0	226.26	28.09	83224.69
3+280.00	0	13.56	0	255.82	28.09	83480.51
3+300.00	0	14.53	0	280.88	28.09	83761.39
3+320.00	0	14.91	0	294.45	28.09	84055.84
3+340.00	0	15.67	0	305.86	28.09	84361.7
3+360.00	0	16.62	0	322.92	28.09	84684.63
3+380.00	0	17.61	0	342.31	28.09	85026.94
3+400.00	0	16.37	0	339.78	28.09	85366.72
3+420.00	0	15.66	0	320.22	28.09	85686.94
3+440.00	0	17.22	0	328.72	28.09	86015.66
3+460.00	0	21.37	0	385.91	28.09	86401.57
3+480.00	0	29.81	0	511.82	28.09	86913.4
3+500.00	0	38.25	0	680.61	28.09	87594.01
3+520.00	0.05	46.46	0.48	847.12	28.58	88441.13
3+540.00	0.08	52.56	1.29	989.64	29.87	89430.77
3+560.00	0.02	60.7	1.02	1132.2	30.89	90562.98
3+580.00	0	56.9	0.25	1175.71	31.14	91738.68
3+600.00	0	52.55	0.05	1094.57	31.19	92833.25
3+620.00	0	47.78	0	1003.36	31.19	93836.61
3+640.00	0.03	44.6	0.35	923.78	31.53	94760.39
3+660.00	0	35.31	0.35	799.1	31.88	95559.49
3+680.00	0	31.92	0	672.29	31.88	96231.78
3+700.00	0	27.4	0	593.16	31.88	96824.94
3+720.00	0	24.13	0	515.3	31.88	97340.24
3+740.00	0	25.9	0	500.34	31.88	97840.57
3+760.00	0	25.24	0	511.48	31.88	98352.05
3+780.00	0	23.27	0	485.16	31.88	98837.21
3+800.00	0	20.23	0	435.07	31.88	99272.27
3+820.00	0	17.02	0	372.56	31.88	99644.83
3+840.00	0.04	16.08	0.41	330.97	32.29	99975.81
3+860.00	0	15.2	0.41	312.75	32.7	100288.55
3+880.00	0.4	9.08	4.05	242.75	36.75	100531.3
3+900.00	0.46	7.5	8.6	165.73	45.35	100697.03
3+920.00	0.12	5.83	5.75	133.31	51.1	100830.34
3+940.00	0.02	5.99	1.41	118.2	52.51	100948.53
3+960.00	0.18	2.72	1.97	87.03	54.48	101035.56
3+980.00	2.14	0.23	23.16	29.45	77.64	101065.01
4+000.00	7.03	0.07	91.72	2.99	169.35	101068
4+020.00	12.4	0.36	194.34	4.36	363.69	101072.35
4+040.00	19.09	0.66	314.9	10.26	678.59	101082.62
4+060.00	24.06	0.92	431.78	15.62	1110.37	101098.24
4+080.00	32.98	0.94	570.62	18.31	1680.99	101116.55
4+100.00	43.44	0.26	764.51	11.76	2445.5	101128.31
4+120.00	53.17	0	966.91	2.59	3412.41	101130.9
4+140.00	63.05	0	1162.25	0.04	4574.65	101130.94
4+160.00	70.79	0	1338.48	0	5913.13	101130.94
4+180.00	51.23	0.54	1220.23	5.42	7133.35	101136.36
4+200.00	0.01	13.79	512.38	143.3	7645.73	101279.65
4+220.00	0.02	7.31	0.31	210.96	7646.04	101490.61

CAPITULO VIII ANALISIS TECNICO ECONOMICO

8.1.Presupuesto

Se lo definen como la valoración o estimación económica a priori de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la construcción de la obra, incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto.

La importancia del presupuesto de obra de un proyecto de construcción es muy considerable por ser el documento básico que establece el marco económico para la ejecución de las obras.

8.1.1. Análisis de precios unitarios.

8.1.1.1.Costos directos:

Se define como: "la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo "La secuencia para la elaboración del costo directo es como sigue:

- Planos y especificaciones
- Lista de materiales
- Maquinaria y equipo
- Mano de Obra

8.1.1.2.Costos indirectos:

Se denominan a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria.

Tabla 32 Costos indirectos

N°	Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
MOVIMIENTO DE TIERRA					
1	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	484.98	5.22	2531.06
2	Excavación en Suelo.	m3	1.86	1990.26	3706.18
3	Excavación para estructuras	m3	5.24	519.34	2719.13
4	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	0.00	1840.96	0.00
5	Transporte de material de excavación	m3 -km	2.26	29213.27	65880.60
REPLANTEO Y NIVELACIÓN					
6	Replanteo y nivelación	m	3.21	4222.40	13562.07
7	Replanteo y nivelación de estructuras de drenaje	m2	1.70	1360.90	2309.35
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
8	Base Clase 3, e= 15 cm	m3	25.10	7473.64	187588.86
9	Sub Base Clase 4 e=20 cm	m2	22.10	9964.86	220223.89
10	Asfaltado RC-250 para Imprimación. 1.50 litros/m2	lts	2.41	74736.48	179946.46
11	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico mezclado en planta de e=10cm	m3	18.30	4982.43	91158.20
ESTRUCTURAS DE DRENAJE VÍAL					
12	Hormigón simple f'c=180 kg/cm2, para re plantillo e= 10cm	m3	68.08	132.96	9051.80
13	Hormigón simple f'c= 240 Kg/cm2 hidráulico, incluye encofrado/desencofrado	m3	165.25	132.96	21972.22
14	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm	kg	6.32	106.36	672.38
15	Tubería de acero corrugado Ø 1400 mm, (incluye MAT/TRANS/INST)	u	697.80	20	13955.97
				Total	\$815,278.17

8.2.Evaluación financiera

8.2.1. Cálculo de los beneficios valorados.

A continuación, se mencionan los indicadores y componentes a ser analizados, los mismos que generarán beneficios sociales que generará el proyecto:

- Costo de combustible \$/galón
- Costo de neumáticos \$/neumático

Transporte de productos \$/flete

Costo de Combustibles:

se asume que consume un galón al recorrer 50 Km para vehículos livianos y para camiones al recorrer 30 km. El costo del combustible de gasolina extra es de \$ 1.91 y diésel es \$1.48.

Tabla 33 Costo de Combustibles

Vehículo	TPD A	Vía (km)	N° viajes	Costo del combustible anual		Costo anual (\$)	Costo total (\$)
				Galones	Costo/Galón (\$)		
Livianos	1531	4.22	2	0.17	1.99	122.60	187719.02
2DA	224	4.22	6	0.51	1.48	273.55	61164.59
2DB	240	4.22	6	0.51	1.48	273.56	65698.53
3A	39	4.22	6	0.51	1.48	273.56	10680.75
V2DB	38	4.22	6	0.51	1.48	273.56	10527.07
T3 - S2	60	4.22	4	0.34	1.48	182.36	10962.49
						Total	346752.47

8.2.1.1. Neumáticos.

El uso de neumáticos se estima que se realiza un cambio a los 30.000 km, en vehículos livianos el costo por cada juego llanta es \$350 se requiere 4 llantas y vehículos pesados es de \$960 que requiere 6 llantas.

Tabla 34 Costo del cambio de neumáticos

Vehículo	TPDA	Vía	N° viajes	# llantas	# cambios llantas	Costo del cambio de neumáticos	
						Costos neumáticos (\$)	Costo total (\$)
Livianos	1531	4.22	2	4.00	0.281	393.87	603030.29
2DA	224	4.22	6	4.00	0.281	1080.32	241548.46
2DB	240	4.22	6	6.00	0.281	1620.48	389180.49
3A	39	4.22	6	6.00	0.281	1620.48	63269.92
V2DB	38	4.22	6	6.00	0.281	1620.48	62359.56
T3 - S2	60	4.22	4	18.00	0.281	4861.44	292225.08
						Total	1651613.777

8.2.1.2. Transporte Productos.

El costo se fija en relación al número de veces que los pobladores sacan sus productos a la feria que es de 3 veces semanales, actualmente el precio del transporte por la situación de la vía es de \$25,00 y con la mejora de la vía probablemente su costo sea de \$20.00.

Tabla 35 Costo del Flete

Costo del Flete						
Vehículo	TPDA	Vía	N° viajes	Costo/flete	Costo semanal	Costo total
2DA	224	4.22	3	20.00	60.000	697599.95
2DB	240	4.22	3	20.00	60.000	749310.77
3A	39	4.22	3	20.00	60.000	121817.08
V2DB	38	4.22	3	20.00	60.000	120064.31
T3 - S2	60	4.22	2	25.00	50.000	156288.10
Total						1845080.207

8.3.Mantenimiento vial.

El mantenimiento debe ser proporcionado a la vía de manera oportuna. Comprende las actividades encaminadas a mantener el pavimento, taludes, drenaje y todos los demás elementos que se encuentran en las márgenes de la carretera, en una condición lo más aproximado posible a su condición inicial.

Se incluyen pequeñas reparaciones y mejoras para eliminar la causa de las fallas, y así evitar la repetición excesiva de los esfuerzos de mantenimiento. Para facilitar la gestión y las operaciones, el mantenimiento vial se puede dividir en rutinario, periódico y urgente.

Tabla 36 Mantenimiento vial

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/U	# DE VECES	Total
Limpieza de alcantarillas	m3	8	19.9	1	159.2
Limpieza de cunetas	m3	1846.25	5.6	1	10339
Tratamiento bituminoso	m2	49796	3.43	1	170800.28
Bacheo asfáltico en caliente	m3	1200	141.99	1	170388
Total					351686.48

8.4.Indicadores económicos.

La viabilidad económica del proyecto está en función de tres indicadores: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C).

Se utilizó una tasa de interés referencial actual del 9.33 % destinada para inversión pública, de acuerdo al Banco Central del Ecuador, noviembre 2020.

Tabla 37 Tasa de descuento

Tasa de descuento	8.32%
VAN	5299767.73
TIR	3%
B/C	6.50

El Valor Actual Neto positivo, la Tasa Interna de Retorno es inferior a la tasa de interés y la relación beneficio costo mayor a la unidad indican que el proyecto se debe analizar mucho más a detalle a fin de determinar cómo mejorar la rentabilidad del proyecto.

CAPITULO IX IMPACTO AMBIENTAL

9.1.Generalidades

La vía permitirá la integración de modo que agilizará el desarrollo, ganadero y turístico. Esta red vial facilitara la comercialización de productos, incentivará la producción, promoverá el turismo, integrara el sector social al desarrollo parroquial, disminuirá tiempos y costos de servicio vehicular.

La vía en estudio tiene una longitud de 4.22 Km, con una topografía llano-ondulada y con gradiente suave, con calzada de pavimento flexible, contará en su totalidad de un drenaje adecuado, lo que implica encharcamientos de agua que afecta a la calzada de la vía, con una sección transversal promedio de 11,20 m y su clasificación es de tipo III.

9.2.Descripción de las actividades del proyecto

9.2.1. Etapa de construcción

La etapa de construcción constituye todos los rubros necesarios para poner en operación la via en sus 4.22 km de recorrido entre Saquisili y Patutan

9.2.1.1.Actividades durante la fase de construcción.

Tabla 38 Actividades durante la fase de construcción

Actividades	
N°	Fase de construcción
1	Movimiento de tierra
2	Replanteo y nivelación
3	Estructura del pavimento
4	Estructuras de drenaje vial

Elaborado por: Los autores.

9.2.1.2.Descripción de las actividades.

Excavaciones con maquinaria pesada.

Esta actividad trata los movimientos de tierra necesarios para llegar a la cota de la subrasante.

Replanteo y nivelación.

Consiste en todos los trabajos de topografía necesarios para establecer todos los puntos necesarios para ubicar de forma correcta todas las estructuras y la vía en sí misma.

Estructura del pavimento

Consiste en colocar todas las capas que conforman el pavimento, desde la subrasante hasta la capa de rodadura.

Estructuras de drenaje vial.

Reside en la ejecución de todas las obras civiles para construir cada una de las estructuras hidráulicas, es decir el armado y fundición de losas y muros.

9.2.2. Etapa de operación y mantenimiento.

La etapa de operación y mantenimiento constituye todos los trabajos que se requieren para que la vía mantenga una operación normal durante toda su vida útil, en la tabla mostrada a continuación se han agrupado estos rubros para una mejor comprensión:

9.2.2.1. Actividades durante la etapa de operación y mantenimiento.

Tabla 39 Actividades durante la etapa de operación y mantenimiento

Actividades	
N°	Fase de operación y mantenimiento
1	Limpieza y mantenimiento de la vía
2	Operación de la vía

Elaborado por: Los autores.

9.2.2.2. Descripción de las actividades.

Limpieza y mantenimiento de la vía

Son el conjunto de trabajos necesarios para que la vía mantenga las condiciones adecuadas para una correcta circulación.

Operación de la vía.

Se refiere al conjunto de procesos que la vía mantenga una operación normal los 365 días del año.

9.3.Área de influencia socio económica.

Debido a que la vía se encuentra en los límites del cantón Latacunga, el área de influencia socio económico abarca varias parroquias de los cantones Saquisilí y Latacunga ya que esta abastece de productos agrícolas a los mercados de estas ciudades, esto a su vez favorece en el desarrollo de los barrios de la parroquia los cuales son:

- Saquisilí
- Patután.

Estando la mayor parte del proyecto dentro del cantón Latacunga se encuentran en su mayor parte dentro del cantón Saquisilí por lo que los análisis de los sistemas se harán para los datos otorgados por este cantón.

Se considera que los sistemas que se encuentran dentro de las áreas de influencia tanto directa como indirecta son:

- Sistema abiótico
- Sistema biótico
- Medio antrópico

9.4.Diagnóstico ambiental – línea base

El proyecto se ubica entre los cantones Saquisilí y Latacunga, conectado a directamente al Barrio Patután con el cantón Saquisilí, alrededor de este se despliega terrenos cultivables que es el eje económico del sector. En consecuencia, el desarrollo del proyecto influirá en gran medida la transportación de los pobladores y de los productos agrícolas, reduciendo los tiempos de traslado del sector rural hacia la parte urbana de los cantones aledaños.

9.5.Criterios metodológicos.

La línea base permite definir el Plan de Manejo Ambiental a través de la caracterización de sus componentes, además de ser información principal y única para las fases operativas; al inicio de una nueva fase se realizarán modificaciones

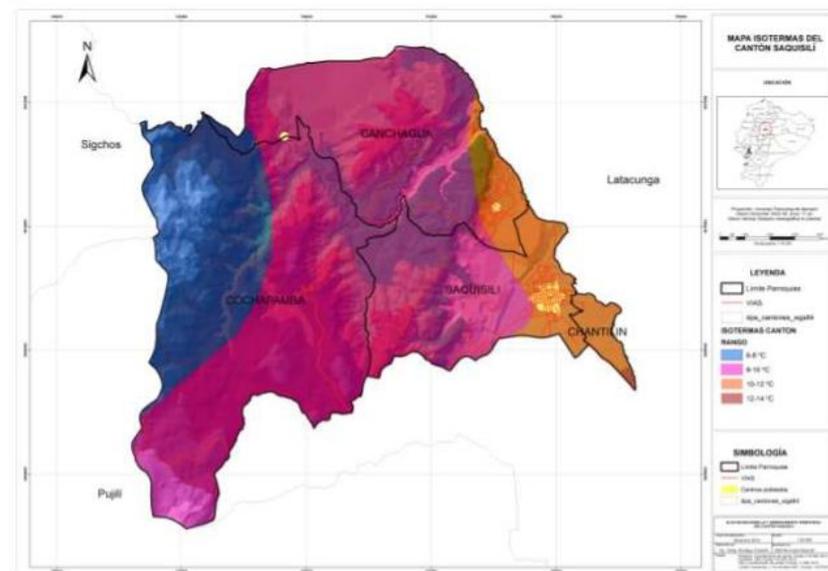
necesarias, de acuerdo a las condiciones y el área donde se llevarán a cabo las operaciones, ya sea por una actualización o por abordar información más a fondo de los componentes.

Las visitas y los trabajos realizados en campo permitieron identificar los componentes involucrados que podrían verse alterados por la acción de la ejecución, operación y mantenimiento.

9.5.1. Medio Físico.

El proyecto presenta un clima Ecuatorial Mesotérmico semihúmedo, con temperaturas entre 8°C y 12°C.

Figura 65 Medio Físico



Rangos de Temperatura de influencia en el Cantón Saquisilí

La pluviosidad se sitúa en un rango de 500 mm a 1000 mm/año. El indicador más bajo se presenta en la parte norte y noreste del cantón, cubriendo el 55,97% del territorio cantonal, con niveles que oscilan entre 500mm y 750mm anuales, abarcando la parroquia Chantilín y parte de las parroquias Canchagua y Cochapamba; en el 44,03% del territorio del Cantón el rango de precipitaciones aumenta de 750 a 1000mm anuales, en la mayor parte de la superficie de la parroquia Cochapamba y parte del territorio de la parroquia Saquisilí.

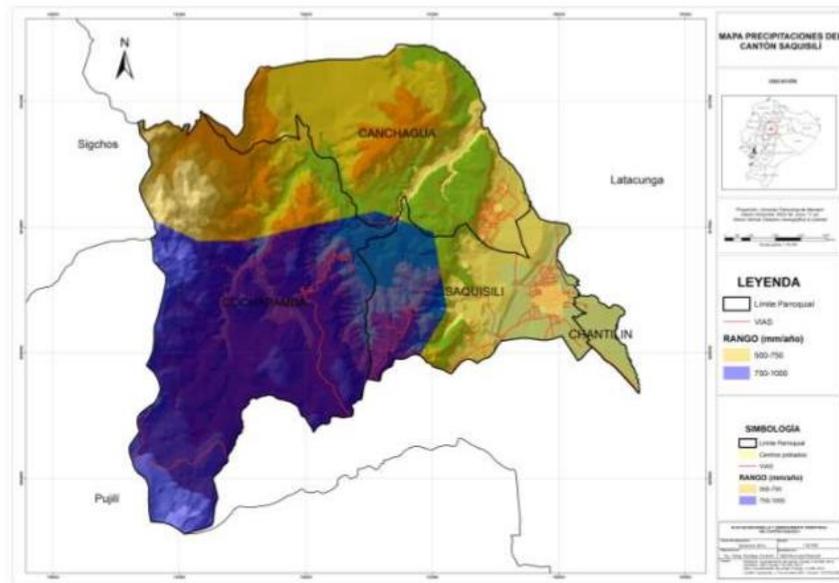


Figura 66 Rangos de Temperatura

Variable	Descripción
Precipitación	Dos zonas marcadas, de 500 a 750 mm/año y la otra de 750 a 1000 mm/año.
Temperatura	El rango general va desde 6° C a 14° C
Pisos climáticos	Alto de montaña, Mesotérmico semi-humedo y mesotérmico seco
Humedad	Entre 65 y 85% de humedad relativa

Figura 67 Matriz resumen de información climática

9.5.1.1. Uso y cobertura del suelo.

Predominan los Cultivos, con una superficie de 6.659,90 ha que corresponde al 32,41% del territorio cantonal, ubicados en las parroquias Canchagua, Saquisilí y Chantilín, también se encuentran cultivos en suelos erosionados en una superficie de 2.364,09 ha que representa el 11,50%, estos se encuentran en la parroquia Saquisilí, Cochapamba y Canchagua.

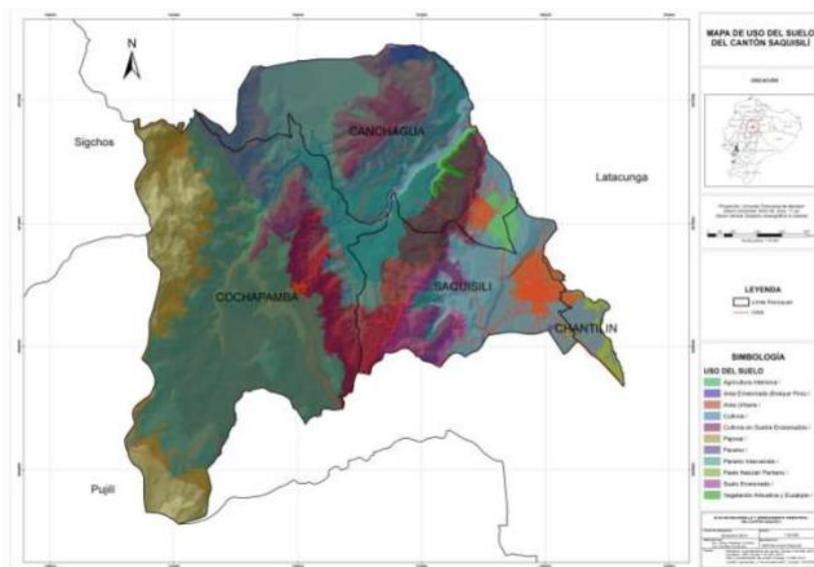


Figura 68 Cobertura vegetal y uso actual del suelo

9.5.1.2. Geología

El suelo del Cantón Saquisilí se asienta sobre la Placa Tectónica Sudamericana y acorde a sus Facies distales, considerados como cuerpos sedimentarios con características homogéneas que pueden ser definidos y separados de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, fósiles, etc., y que están formados bajo ciertos procesos de sedimentación que se han mantenido durante un tiempo. Saquisilí se determina de Piroclastos primarios y retrabajados (Cangahua), avalanchas de escombros, lahares y flujos de lava (Volcánicos Cotopaxi); como también de Flujos de lava y piroclastos de composición andesítica a riolítica (Volcánicos Pisayambo de 1000 a 2000 m)

9.5.1.3. Recurso Agua.

Cuencas hidrográficas

El cantón Saquisilí se encuentra dentro del sistema Pastaza, alimentada por la subcuenca del Río Patate y abastecida por los drenajes menores del Río Pumacunchi. Una parte reducida de la superficie del territorio se encuentra dentro del sistema Esmeraldas, que pertenece a la vertiente del Pacífico.

El Río Esmeraldas es otra de las cuencas de drenaje del Ecuador, esta cuenca cubre a seis provincias del país: Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de

los Tsáchilas, Manabí y Esmeraldas. Subcuencas hidrográficas El Cantón Saquisilí está ubicado en dos subcuencas, la Subcuenca del Río Patate, que pertenece al sistema Pastaza y se encuentra sobre una superficie de 19192,05 ha, que representa el 93,40% del territorio cantonal; formada por las microcuencas, del Río Blanco, Río Negro, Q. Catelilla y Drenajes menores; y la Subcuenca del Río Blanco que pertenece al sistema Esmeraldas, cubriendo una superficie de 1357,27 ha, que representa el 6,60% del territorio cantonal, esta subcuenca está formada por las microcuencas del Río Tigua, Río Guangaje, Río Jatuncama y Q. Chasupí.

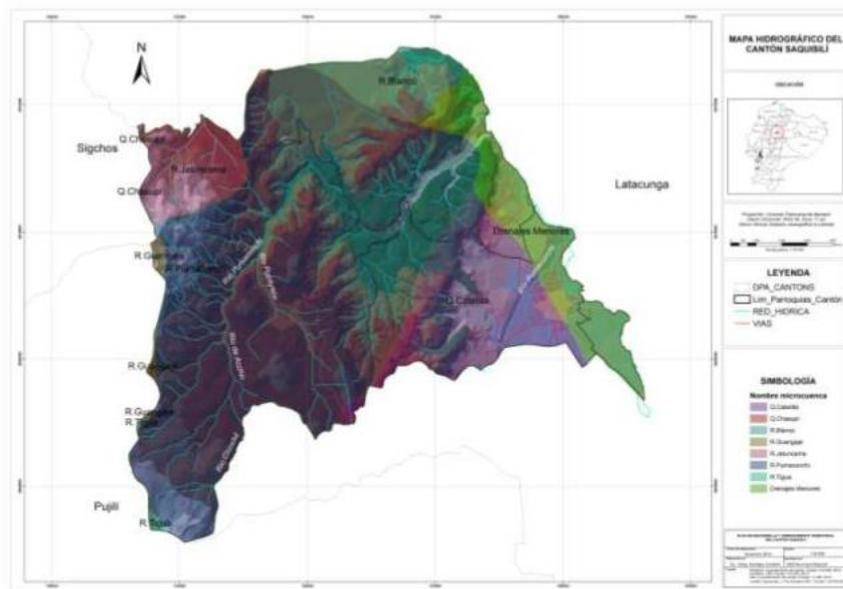


Figura 69 Cuencas hidrográficas

9.5.2. 9.5.2 Medio Biótico.

9.5.2.1. Flora.

La zona de estudio se encuentra en un sector con alta intervención de tipo antrópico, donde el proceso de expansión urbana ha cambiado la imagen silvestre y apacible que hace tiempos atrás mostraban los barrios periféricos, así en las áreas de concentración urbana se encuentra poca o nula vegetación nativa, salvo algunas excepciones, debido a que en estas tierras han sido introducidas especies de cereales y leguminosas cultivables como: maíz, frejol, arveja, chocho y papas, que sirven de ayuda a la economía familiar, así como también son aprovechadas para el autoconsumo en los hogares. Las escasas manchas de repoblaciones forestales

existentes especialmente en la parte sur del cantón (barrio Canaló) son realizadas con especies introducidas o exóticas como el eucalipto y pino.

Sin embargo, todavía se pueden encontrar algunas especies de flora nativa que son utilizadas básicamente para dividir espacios de tierra o marcar los linderos de las propiedades, como el penco negro, la chilca, el sigse y el árbol de capulí, además su utilidad es múltiple pues son aprovechados por sus propietarios para la alimentación, sombra de los animales y leña o combustible para cocinar sus alimentos. En el cuadro se señalan algunas de las especies que aún se pueden encontrar en Saquisilí.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Penco	Agave americana	Agavaceae
Chilca	Baccharis latifolia	Asteraceae
Sigse	Cortaderia nitida	Poaceae
Capulí	Prunusserotina	
Kikuyo	Penisetum clandestinum	Poaceae
Iguilín	Monnina crassifolia	Polygalaceae
Eucalipto	Eucalyptus globules	Myrtaceae
Pino	Pinus radiata	Pinaceae

Figura 70 Medio Biótico.

9.5.2.2.Fauna

La distribución geográfica de las especies animales está en estrecha relación con las zonas de vida y las formaciones vegetales, las que dependen a su vez de diversos factores físicos tales como la gradiente altitudinal, suelos y climatología. Para la obtención de información se buscó información mediante registros directos como indirectos, formulando entrevistas a los pobladores, para complementar la información de especies de fauna. En el cuadro N° 15 se registra el listado de especies animales que se encuentran en el área de estudio.

ESPECIES	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
MAMÍFEROS	Raposa	Didelphismarsupialis	Didelphidae
	Chukuri	Mustela frenata	Mustelidae
	Lagartija		Anolis
AVES	Mirlo	Turdusfucaster	Turdidae
	Gorrión	Zonotrichiacapensis	Emberizidae
	Colibríes		Trochilidae
	Tórtolas	Zenaida auriculata	Columbidae

Figura 71 Fauna

9.6. Identificación y evaluación de impactos ambientales

Para el desarrollo correcto del EIA, es necesario identificar los impactos que afectan el proyecto durante su fase de diseño y construcción y su fase de operación y mantenimiento, ya identificados todos estos impactos sean positivos o negativos deben ser evaluados.

9.6.1. Etapa de construcción.

Durante esta etapa se producirán impactos ambientales de tipo temporal, la clasificación de estos impactos se muestra a continuación.

9.6.1.1. Positivos.

- Empleo: existen varios rubros que requieren la contratación de personal, esto generará nuevas fuentes de trabajo.
- Comercio: la dinamización del sector comercial en distintas áreas como puestos de comida, adquisición de equipos y diversos otros productos en los que se incluyen la comercialización del vino de mortiño.

9.6.1.2. Negativos.

- El uso de maquinaria pesada produce ruido, y gases que no son parte del entorno.

- Generación de polvo que puede afectar plantaciones o fuentes de agua cercanas al proyecto
- Deforestación a lo largo de todo el proyecto para poder implantar la estructura de la vía
- Riesgos de accidentes laborales.
- Generación de escombros y residuos producto de la construcción de la vía y las estructuras hidráulicas.

9.6.2. Etapa de Operación y Mantenimiento

Corresponden a impactos de carácter temporal y permanentes que estarán presentes durante la vida útil del proyecto

9.6.2.1. Positivos.

- Mejoramiento de la calidad en la movilidad entre las comunidades dentro de la zona de influencia de la vía.
- Disminución de los tiempos de traslados de materiales, insumos alimentos etc.

9.6.2.2. Negativos.

- Generación de residuos sólidos por parte del personal de mantenimiento.
- Riesgos de accidentes laborales durante los trabajos de limpieza y mantenimiento de las estructuras.

9.6.3. Metodología.

9.7. Clasificación de las actividades

Las actividades realizadas durante el proyecto tanto en su fase de construcción como en su fase de operación y mantenimiento se muestran en la siguiente tabla:

9.7.1. Valoración de los impactos ambientales.

Se utiliza la “Matriz de Leopold” que relaciona la causa y el efecto, es decir considera la acción realizada en un proyecto y su afectación en el medio ambiente donde se efectúa; para evaluar los impactos esta matriz considera 2 aspectos:

- Importancia
- Magnitud

Para este estudio, los valores asignados a las variables analizadas son los siguientes:

Tabla 40 Escalas de valoración para la “La Matriz de Leopold” según el TULSMA.

Calificación	Magnitud		Calificación	Importancia	
	Intensidad	Afectación		Duración	Afectación
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy alta	Muy alta	10	Permanente	Nacional

Fuente: **Fuente especificada no válida..**

En base a la siguiente tabla se puede evaluar el impacto que tendrá el proyecto sobre el medio ambiente de la zona.

Tabla 41 Evaluación de Leopold

Evaluación de Leopold			
Rango		Impacto	
-70,1	-100	Negativo	Muy alto
-50,1	-70	Negativo	Alto
-25,1	-50	Negativo	Medio
-1	-25	Negativo	Bajo
1	25	Positivo	Bajo
25,1	50	Positivo	Medio
50,1	80	Positivo	Alto
80,1	100	Positivo	Muy alto

Fuente: **Fuente especificada no válida..**

9.7.2. Evaluación del impacto en base a la Matriz de Leopold.

ACTIVIDAD	FACTOR	MEDIO FÍSICO				MEDIO BIÓTICO		MEDIO ANTRÓPICO			Promedio positivo	Promedio negativo	Agregado del impacto
		AIRE	AGUA	SUELO	RUIDO	FLORA	FAUNA	PAISAJES	ECONOMÍA	INFRAESTRUCTURA			
Fase de construcción													
Movimiento de tierra	-1		-7	-2	-4	-1	-3	4	5		2	6	-19
		5		5	3	2	3	1	4	5			
Replanteo y nivelación					-3	-2	1	3	3		2	2	17
					1	1	1	5	2				
Estructura del pavimento	-1	-3	-5	-5	-5	-5	-3	8	6		2	7	14
		1	1	4	3	3	4	2	5	9			
Fase de operación y mantenimiento													
Limpieza y mantenimiento de la vía		-4	-1	-5	-3	-5	-3	8	6		2	6	67
			1	1	5	3	-3	1	5	9			
Operación de la vía			-3	-1	1	-3	-1	8	6		3	4	31
				3	1	1	3	1	4	3			
Promedios positivos		2	0	1	0	1	0	2	8	10			110
Promedios negativos		2	8	9	5	7	9	6	2	0			
Agregado del impacto		-6	-7	-65	-47	-34	-19	-12	143	157	110		
Impacto por componente		-125				-53		288					
Impacto total del proyecto		110											

Figura 72 Evaluación del impacto en base a la Matriz de Leopold.

9.8. Plan de manejo ambiental (PMA)

El EIA contempla con fin del mismo proponer medidas para la prevención, minimización y mitigación de los impactos negativos que generen el proyecto sobre el entorno en que se desarrolla.

9.8.1. Plan de Prevención y mitigación de impactos.

Tabla 42 Plan de Prevención y mitigación de impactos.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Etapa de construcción					
Ruidos y vibraciones	Estrés y cambios en los hábitos de especies de aves y pájaros en la zona.	Realizar mediciones del ruido generado por la maquinaria, y realizar estas actividades durante la mañana.	Número de equipos y maquinarias en actividad al mismo tiempo.	Informes de niveles de ruido generado por la maquinaria y equipos.	12 meses
	Problemas auditivos en los trabajadores del proyecto.	Proveer del equipo de protección personal EPP a todos los trabajadores.	Número de trabajadores utilizando el EPP.	Libro de obra. Registro de fotografías.	12 meses
Contaminación del aire	Generación de polvo que puede afectar el sistema de riego que es	Transportar el material cubierto con lonas.	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Libro de obra. Registro de fotografías.	12 meses

	colindante al sistema de agua cruda.				
Contaminación hídrica	Generación de polvo que puede afectar el sistema de riego de los terrenos colindantes	Proteger tubería y señalar ubicación de la misma .	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Informes de la calidad del agua en el sistema de riego. Registro de fotografías.	12 meses
	Deforestación a lo largo de la vía .	Reforestar con especies nativas.			
Vegetación	Remoción de la capa vegetal en los sitios de implantación de las estructuras hidráulicas.	Reutilizar el material orgánico que se ha podido recuperar durante la remoción del mismo.	Número de franjas y zonas rehabilitadas.	Libro de obra. Registro de fotografías. Informes.	12 meses
		Mantener la velocidad de circulación de los vehículos pesados en 20 km/h.	Velocidad de circulación de la maquinaria pesada .		
Seguridad	Riesgo de accidentes laborales	Colocar cerramientos en los sitios de implantación de las estructuras hidráulicas. Señalizar adecuadamente el área de trabajo.	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Libro de obra. Registro de fotografías. Informes.	12 meses

Residuos sólidos	Generación de escombros y residuos producto de la construcción de las estructuras hidráulicas, del movimiento de tierras.	Instalación temporal de contenedores de basura. Transportar los escombros generados hacia sitios autorizados para su disposición final.	Número de contenedores instalados. Número de volquetas que retiran los residuos desde el sitio del proyecto.	Libro de obra. Registro de fotografías. Informes.	12 meses
Etapas de operación y mantenimiento					
Contaminación hídrica	Basura en cunetas de la vía	Limpieza de cunetas y alcantarillas	Estudios de la calidad de agua, control de flujo de agua	Registro de fotografías. Informes. Aforamientos en sitio.	Trimestral
Suelo	Generación de residuos sólidos por parte de los vehículos que circulen por la vía.	Instalación de contenedores de basura permanentes en sitios estratégicos a lo largo de la vía	Número de contenedores instalados.	Registro de fotografías. Informes.	Semestral
Seguridad	Riesgos de accidentes laborales durante los trabajos de limpieza y mantenimiento de las estructuras, accidentes de tránsito.	Utilizar EPP durante todo el proceso de limpieza de las estructuras; señalización vertical y horizontal de la vía	Número de trabajadores utilizando el EPP, número y clase de señalización colocada	Registro de fotografías. Informes.	Semestral

9.8.2. Plan de Contingencias.

Tabla 43 Plan de Contingencias.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Omisión e incumplimiento de procesos constructivos	Daños a la salud de trabajadores.	Utilizar una metodología adecuada en los procesos constructivos basada en normativa nacional e internacional existente.	Número de accidentes por mes.	Registro de fotografías. Informes.	12 meses (fase de construcción)
	Avería de maquinaria y equipos de construcción.	Instalar equipos de respuesta inmediata (extintores y botiquines de emergencia) ante percances.	Número de extintores y botiquines colocados.	Registro de fotografías. Informes técnicos del responsable.	12 meses (fase de construcción)
	Afectación de los materiales de construcción.	Almacenar de forma adecuada todos los materiales bajo protección contra la intemperie.	Cantidad de material dado de baja o repuesto.	Registro de fotografías, informes, libro de obra.	12 meses (fase de construcción)
Deficiente mantenimiento en maquinaria y equipos	Avería de maquinaria y equipos de construcción.	Establecer controles preventivos para la maquinaria y equipos. Implantar un manual de operación para maquinaria y equipos.	Número de reparaciones fuera de cronograma en equipos y maquinaria.	Registro de fotografías. Informes.	12 meses (fase de construcción)
Situaciones de riesgo	Daños a la salud de trabajadores, maquinaria, equipos e infraestructura en construcción	Establecer controles preventivos sobre el uso del EPP en los trabajadores, y mantener asegurada la maquinaria y los equipos.	Número de trabajadores utilizando el EPP.	Registro de fotografías. Informes.	12 meses (fase de construcción)

9.8.3. Plan de seguridad y salud en el trabajo.

Tabla 44 Plan de seguridad y salud en el trabajo.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Carente aplicación de procesos constructivos y normativas de seguridad ocupacional.	Afectación a la salud de trabajadores.	Fomentar el uso apropiado del EPP durante la jornada de trabajo.	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Registro de asistencia del personal. Registro de fotografías.	Semestral
		Colocar la señalética adecuada dentro de las obras en ejecución.	Número, tipo y ubicación de la señalética.	Registro de fotografías.	
		Establecer un reglamento interno de seguridad.	100% del cumplimiento del reglamento interno de seguridad.	Reglamento que cumpla con normas y leyes de aplicación nacional y local.	
		Inspeccionar el cumplimiento del reglamento interno de seguridad.	Número de normas aplicadas por los trabajadores.	Registro de asistencia del personal. Registro de fotografías.	

9.8.4. Plan de manejo de desechos.

Tabla 45 Plan de manejo de desechos.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Generación de escombros	Contaminación del suelo, y cuerpos de agua cercanos al sitio de implantación del proyecto.	Establecer un sitio adecuado para la colocación temporal de los escombros.	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Registro de fotografías. Informe.	12 meses (fase de construcción).
		Señalizar el sitio para la colocación de los escombros de forma correcta.	100% de cumplimiento en la disposición de los escombros.	Registro de fotografías. Informes.	
		Fijar el sitio de disposición final de los residuos.	Nombre del sitio en Sigchos u otra localidad cercana.	Registro de fotografías. Informes.	
Generación de residuos orgánicos	Afectación a la flora y fauna del lugar	Contaminación visual de la zona.	Implantar un cronograma para la desocupación ordenada de los residuos del sitio de colocación temporal.	Registro de la salida de residuos.	Registro de la salida de escombros.
		Colocar contenedores especiales para este tipo de residuos.	Número de contenedores colocados.	Registro de fotografías. Informes.	12 meses (fase de construcción).
Generación de residuos inorgánicos	Contaminación del suelo, y cuerpos de agua cercanos al	Implantar un cronograma para la desocupación ordenada de los residuos del sitio de colocación temporal.	100% del cumplimiento de la medida propuesta.	Registro de la salida de residuos. Registro de fotografías.	12 meses (fase de construcción).

sitio de implantación del proyecto.

9.8.5. Plan de relaciones comunitarias.

Tabla 46 Plan de Relaciones Comunitarias.

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo
Social	Generación de conflictos entre el ente administrativo las comunidades y los pobladores por la insuficiente información sobre el proyecto.	Definir mecanismos (videos, perifoneo, volantes) que permitan a los moradores manejar la información sobre el proyecto e incentivar su participación.	Número de mecanismos impartidos en la comunidad.	Registros de fotografías y contenido de información.	12 meses (fase de construcción)
		Desarrollar reuniones para socializar la información general sobre el proyecto (nombre de la obra, nombre de la entidad contratante y nombre de las entidades financieras de la obra, duración de la obra y monto a ser invertido, según el contrato suscrito).	Número de reuniones realizadas.	Actas, registro de fotografías, lista de participantes y sus firmas.	12 meses (fase de construcción)

Presencia de tensiones de la comunidad por el cierre de vías durante el proceso de ejecución del proyecto.	Precisar una oficina informativa, para diálogos y recepción de inquietudes y sugerencias.	Número de diálogos, inquietudes y sugerencias de los pobladores.	Dirección de la oficina. Registros de las personas atendidas de la comunidad. Registros de formularios y fotografías.	12 meses (fase de construcción)
--	---	--	---	---------------------------------

9.8.6. Plan de monitoreo.

Tabla 47 Plan de monitoreo.

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Suelo	Alteración del suelo en los alrededores del proyecto	Realizar monitoreos semestrales, mediante estudios en laboratorios acreditados por la Norma Ecuatoriana.	Número de estudios realizados.	Informes del estudio. Registro de fotografías.	6 meses (fase de operación y mantenimiento)
Social	Alteración en el medio ambiente	Socializar en reuniones trimestrales el porcentaje de cumplimiento de las medidas establecidas en el presente PMA.	Número de reuniones realizadas. Número de medidas ejecutadas/planteadas (%)	Informes de seguimiento. Y cumplimiento de las medidas del PMA. Registro de fotografías.	3 meses (fase de operación y mantenimiento)

9.8.7. Plan de rehabilitación de áreas afectadas.

Tabla 48 Plan de rehabilitación de áreas afectadas.

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo
Agua/suelo/aire	Contaminación en el ambiente	Realizar un Plan de remediación de acuerdo a la eventualidad.	Al terminar el proyecto, 100% de áreas rehabilitadas.	Plan de remediación aprobado por el Ministerio del Ambiente (MAE). Registro de fotografías de las medidas aplicadas.	Si se presenta contaminación en el ambiente.
		Restituir senderos y áreas aledañas afectadas.	Al terminar el proyecto, 100% de áreas rehabilitadas.	Informe de restitución. Registro de fotografías.	2 meses (fase de cierre)
Paisaje	Alteración del paisaje	Retirar los elementos de señalización.	Al terminar el proyecto, 100% de cumplimiento de la medida.	Informe de cumplimiento. Registro de fotografías.	2 meses (fase de cierre)

9.8.8. Plan de cierre, abandono y entrega del área.

Tabla 49 Plan de cierre, abandono y entrega del área.

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo
-------------------	-------------------	--------------------	-------------	------------------------	-------

Generación de residuos orgánicos e inorgánicos que contaminen el medio ambiente.	Contaminación del suelo, aire y agua.	Retirar instalaciones provisionales previo al cierre de la obra.	Al terminar el proyecto, 100% de cumplimiento de la medida.	Informe de cumplimiento. Registro de fotografías.	1 mes (fase de cierre)
		Socializar el plan de contingencia propuesto para eventos que se pueden suscitar en el proyecto.	Al terminar el proyecto, 100% de cumplimiento del Plan de Contingencia.	Plan de contingencia. Registro fotográfico. Registro de asistentes y sus firmas.	Si se presenta contaminación en el ambiente.
		Clasificar los residuos orgánicos e inorgánicos y disponer los mismos a gestores calificados.	Al terminar el proyecto, 100% de los residuos orgánicos e inorgánicos estarán clasificados y puestos a disposición de gestores calificados.	Centro de clasificación de residuos orgánicos e inorgánicos. Registro fotográfico. Acta de entrega-recepción a gestores calificados.	2 meses (fase de cierre)
Generación de escombros.	Contaminación del suelo, aire y agua.	Retirar los escombros a espacios permitidos por la municipalidad del cantón.	Al terminar el proyecto, 100% de los escombros generados estarán retirados a espacios permitidos por la municipalidad del cantón.	Registro fotográfico. Factura de la recepción de escombros.	2 meses (fase de cierre)
Generación de residuos orgánicos e inorgánicos.	Contaminación ambiental.	Realizar el informe técnico ambiental de cierre y abandono.	Al terminar el proyecto, 100% de cumplimiento de la medida.	Informe de cierre técnico ambiental aprobado y ejecutado.	No aplica.

Conclusiones

Del conteo manual diario clasificado de los vehículos, se determinó un TPDA de 2132 vehículos, mediante las Normas de Diseño Geométrico vigentes (MOP 2003), que clasifica a la vía como Colectora clase II.

Del diseño geométrico se obtuvo que la vía cuenta con un 4 curvas horizontales y 7 curvas verticales, todas ellas bajo las normas MOP-2003

En cuanto a los parámetros que controlan el diseño geométrico, la velocidad es diseño es de 90 km/h, y pendientes longitudinales entre 0,5% y 3.80%

El estudio de suelos indica que la sub rasante tiene un valor del CBR de 14.20%, por lo que no requiere de mejoramiento de suelo.

En el diseño de la estructura del pavimento flexible se obtuvo los siguientes resultados: sub-base con espesor de 19cm, base con espesor de 16cm y una carpeta asfáltica con espesor de 9cm, toda estructura de la vía se diseñó por el método AASHTO 93.

Los puntos de descarga fueron determinados de acuerdo a las pendientes y distancias de recorridos, evitando tener recorridos largos del flujo. Se estimaron 8 puntos de descarga

El caudal de diseño se encuentra en el tramo 15-18, debido a que se recoge el mayor caudal de las cunetas.

La sección transversal escogida fue la sección triangular, debido que su construcción es económica.

Para el diseño de las cunetas se adoptó una pendiente longitudinal igual al del trazado de la vía. Las pendientes de diseño permitieron cumplir con los parámetros de diseño: $V_{\text{diseño}}=0,6 \text{ m/s} < V$ y el valor de calado no debe ser excesivo.

No se obtuvieron grandes taludes de corte y relleno. Sin embargo, para diseños posteriores de vías de mayor importancia y con altos volúmenes de tráfico, deberá realizarse un análisis y diseño a detalle de los taludes en el área del proyecto.

Recomendaciones

Se recomienda asignar los trabajos de mantenimiento al Gad parroquial ya que este puede organizar mingas con los moradores de los sectores de influencia de las carreteras y así disminuir significativamente los costos de mantenimiento vial.

Se recomienda verificar que todos los materiales a ser empleados en la realización del proyecto cumplan con las especificaciones técnicas para el diseño de la estructura del pavimento.

Se recomienda iniciar el proyecto durante los meses de menores precipitaciones agosto, junio, julio y septiembre para un adecuado rendimiento de ejecución de la obra.

Bibliografía

- [1] F. E. Chávez, «Análisis del diseño geométrico y estructura de la vía que une a la parroquia Diez de Agosto con la comuna Juan de Velasco, pertenecientes al cantón Pastaza, provincia de Pastaza y su incidencia en la calidad de vida de los pobladores de la zona,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [2] G. L. Mora, «Análisis del crecimiento urbano no planificado y su incidencia en los problemas de vialidad y tránsito de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo,» Universidad Nacional de Chimborazo, Chimborazo, 2016.
- [3] E. F. Campoverde, «La infraestructura vial de las comunidades Chico Copataza y Villaflora, parroquia Simón Bolívar y su repercusión en la calidad de vida de los pobladores,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato Ecuador, 2015.
- [4] A. Manuel, *La Vialidad y su importancia para el Desarrollo y la Seguridad Nacional*, Quito, 1988.
- [5] S. Clara y V. Marcelo, Artists, *Estudio y Diseño de la Vía El Salado Manantial de Guangala del cantón Santa Elena*. [Art]. Universidad Estatal Península de Santa Elena , 2015.
- [6] D. Edilia, G. John y V. herminson, «Relación entre infraestructura vial y desarrollo economico en los municiiios de Antioquía: Alicación Epacial,» pp. 3-4-5, 2007.
- [7] J. Rivera, «la red Vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento del país,» *Universidad de Piura*, pp. 1-7, 2015.
- [8] J. Patillo, «Consideraciones generales sobre diseño de pavimentos asfálticos,» *Revista de Ingeniería de Construcción*, vol. IV, pp. 94-110, 1998.

- [9] P. Borges, «Desenvolvimento de Traçados,» *Projeto Geometrico de Rodovias*, vol. 8, nº 1, pp. 5-15, 2016.
- [10] H. Alemán y F. A. Suárez, «PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS,» Universidad del Salvador, San salvador, 2015.
- [11] A. Parrado y A. García, «PROPUESTA DE UN DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD EN UN SECTOR PERIFÉRICO DEL OCCIDENTE DE BOGOTÁ,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2017.
- [12] D. A. Guato, «El sistema de comunicación terrestre Chistilán–Shuyo Grande, parroquia Angamarca, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi y su influencia en la calidad de vida de los habitantes,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.
- [13] C. Gonzalez, R. Villalba y V. Vargas, «Diseño Geométrico de Vías,» Universidad Católica de Bogotá, Bogotá, 2012.
- [14] C. F. Parra, «ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA LAS AMÉRICAS – SANTA MARTHA DEL CANTÓN PASTAZA,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [15] H. C. Valdivia, «Concesiones Viales,» *Caminos*, vol. 3, nº 8, 2014.
- [16] C. Suárez y M. Vera, ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA EL SALADO - MANANTIAL DE GUANGALA DEL CANTÓN SANTA ELENA, Santa Elena: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, 2015.
- [17] O. Zapata, Herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas, México: Editorial Pax, 2015.

- [18] R. H. Sampieri, Metodología de la Investigación Científica, México: McGrawHill, 2017, p. 4.
- [19] I. Hurtado y J. Toro, Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio, Venezuela: CEC.S.A, 2014.
- [20] J. Cegarra, Los métodos de investigación, España: Díaz de Santos, 2015.
- [21] H. Cordova, DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA CAMINO REAL Y LA LINDERA, II ETAPA, Quito: Universidad Pólitécnica Salesiana., 2018.

Anexos
Topografía







Suelo











Alineamiento Horizontal

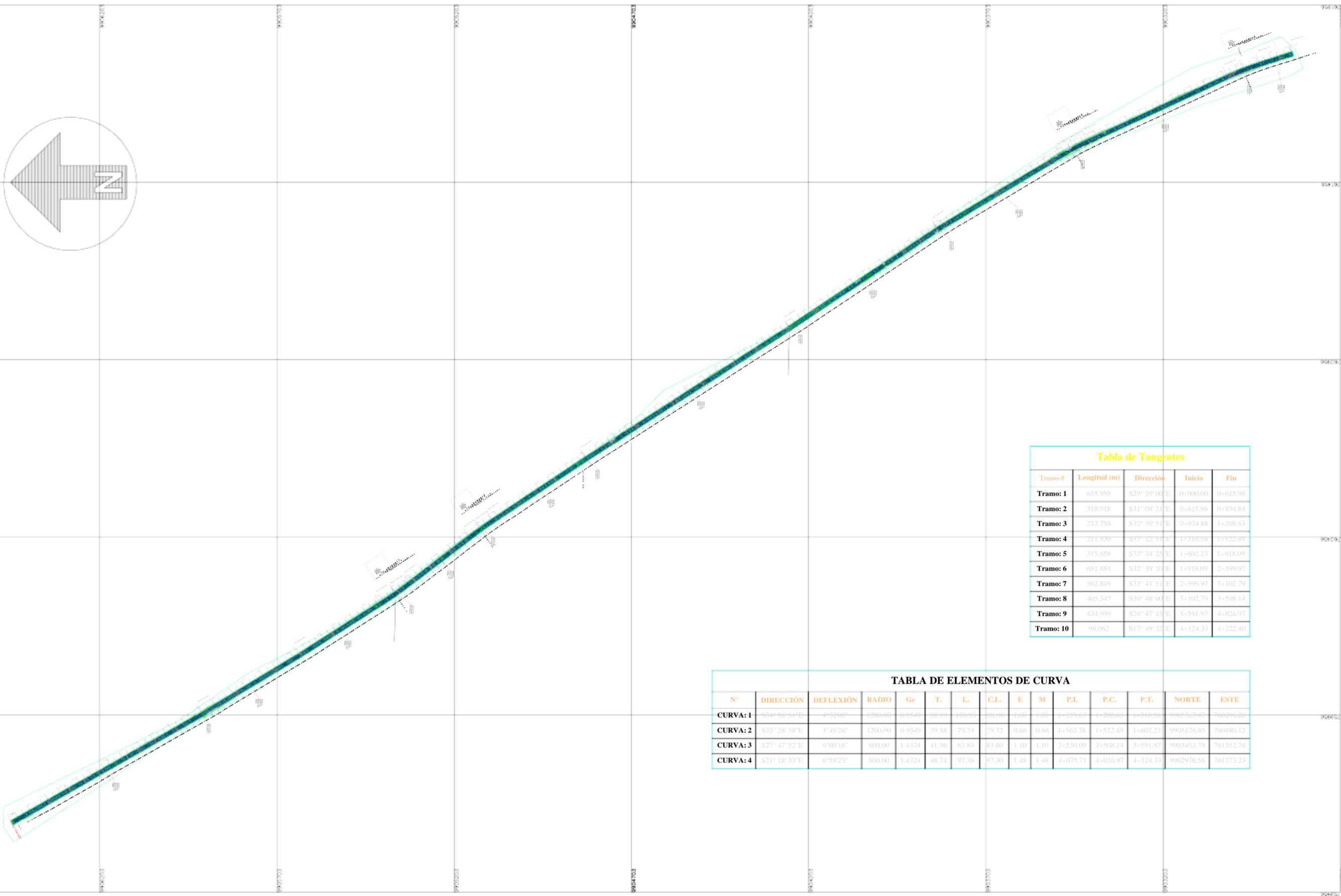


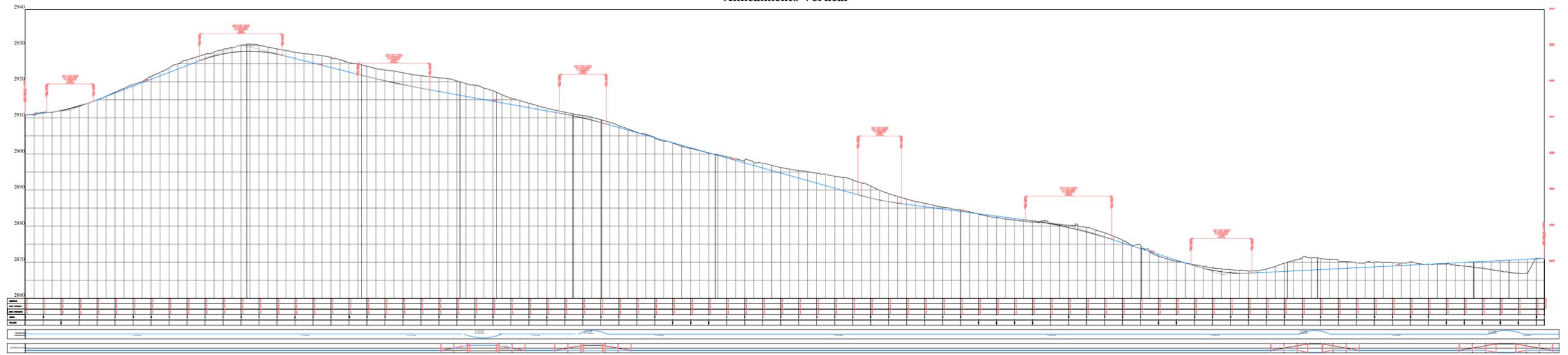
Tabla de Tangentes

Tramo #	Longitud (m)	Dirección	Inicio	Fin
Tramo: 1	615.959	S29° 39' 00" E	0+000.00	0+615.96
Tramo: 2	318.918	S31° 08' 21" E	0+615.96	0+934.88
Tramo: 3	273.758	S32° 30' 51" E	0+934.88	1+208.63
Tramo: 4	211.930	S37° 22' 51" E	1+310.56	1+522.49
Tramo: 5	315.858	S33° 34' 25" E	1+602.23	1+918.09
Tramo: 6	681.884	S32° 39' 10" E	1+918.09	2+599.97
Tramo: 7	502.819	S33° 41' 51" E	2+599.97	3+102.79
Tramo: 8	405.347	S30° 48' 00" E	3+102.79	3+508.14
Tramo: 9	434.999	S24° 47' 45" E	3+591.97	4+026.97
Tramo: 10	98.062	S17° 49' 22" E	4+124.33	4+222.40

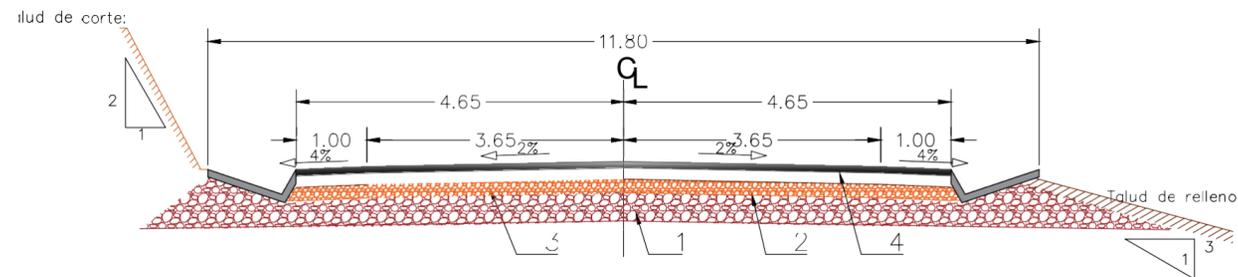
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA

N°	DIRECCIÓN	DEFLEXIÓN	RADIO	Gc	T.	L.	C.L.	E	M	P.I.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE
CURVA: 1	S34° 50' 51" E	4° 52' 00"	1200.00	0.9549	50.99	101.93	101.90	1.00	1.00	1+259.63	1+208.63	1+310.56	9905367.47	760296.20
CURVA: 2	S35° 28' 38" E	3° 48' 26"	1200.00	0.9549	39.88	79.74	79.72	0.66	0.66	1+562.38	1+522.49	1+602.23	9905126.85	760480.12
CURVA: 3	S27° 47' 52" E	6° 00' 16"	800.00	1.4324	41.96	83.84	83.80	1.10	1.10	3+550.09	3+508.14	3+591.97	9903453.79	761552.76
CURVA: 4	S21° 18' 33" E	6° 58' 23"	800.00	1.4324	48.74	97.36	97.30	1.48	1.48	4+075.71	4+026.97	4+124.33	9902976.56	761773.23

Alineamiento Vertical

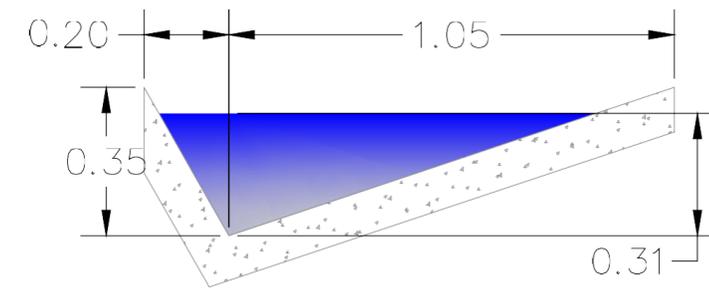


Perfil Transversal de la vía

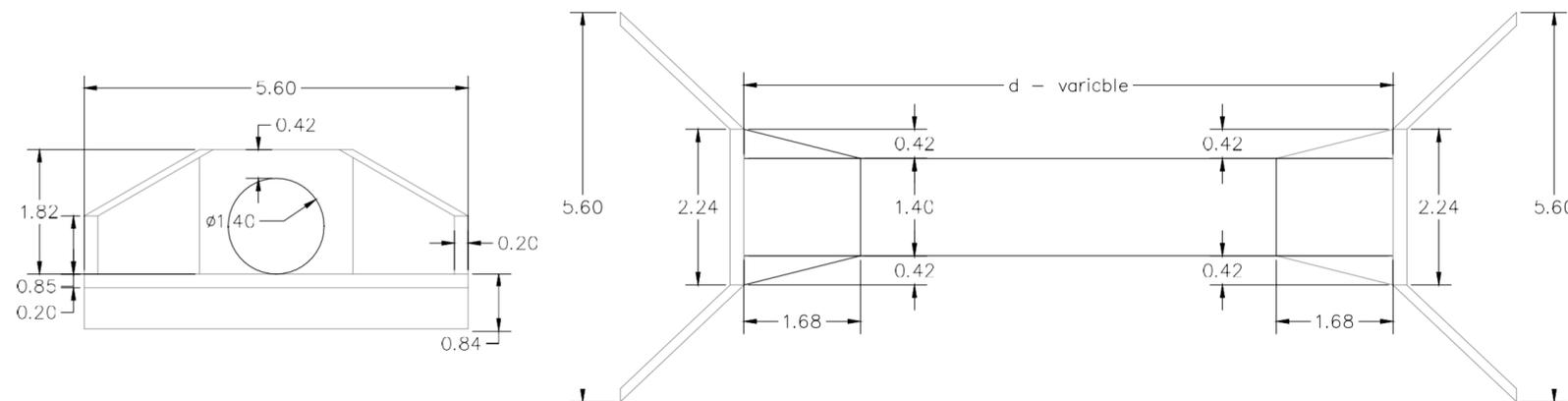


- 1: Subcemente
- 2: Sub base e= 20cm
- 3: Base e= 15 cm
- 4: Carpeta asfáltica e= 10cm

Detalle de cuneta



Detalle de Alcantarilla



Universidad Técnica de Ambato	
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica	
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA SAQUISILÍ - PATUTAN	ESCALA 1:5000 FECHA:
DISEÑADOR: CAJAS SINCHIGUANO JONATHAN ANIBAL	
REVISOR: MSc. DILON MOYA	PL. No.: 2/3

Secciones Transversales de la Vía

