

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA
INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO E INGENIERA CIVIL

TEMA:

**“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL
“VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS” UBICADO EN
LA PARROQUIA PEDRO VICENTE MALDONADO, CANTON PEDRO VICENTE
MALDONADO, PROVINCIA DE PICHINCHA DE LONGITUD 1.5 KM.**

AUTORES:

**DENNIS JACKELINE ALBÁN DÍAZ
QUISHPI QUISHPI JHIPSON OSWALDO**

DOCENTE TUTOR:

HUGO PATRICIO CARRIÓN LATORRE

Quito, agosto del 2021.

CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES

Nosotros Albán Díaz Dennis Jackeline y Quishpi Quishpi Jhipson Oswaldo, con documento de identificación N° 1718759580 y N° 0604612366 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado:

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS” UBICADO EN LA PARROQUIA PEDRO VICENTE MALDONADO, CANTON PEDRO VICENTE MALDONADO, PROVINCIA DE PICHINCHA DE LONGITUD 1.5 KM , mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIEROS CIVILES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, agosto del 2021.



Dennis Jackeline Albán Díaz

CI:1718759580



Jhipson Oswaldo Quishpi Quishpi

CI. 0604612366

DECLARATORIA E COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS” UBICADO EN LA PARROQUIA PEDRO VICENTE MALDONADO, CANTON PEDRO VICENTE MALDONADO, PROVINCIA DE PICHINCHA DE LONGITUD 1.5 KM, realizado por los estudiantes Albán Díaz Dennis Jackeline y Quishpi Quishpi Jhipson Oswaldo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Hugo Patricio Carrión Latorre', written over a horizontal line.

Ing. MSc. Hugo Patricio Carrión Latorre

CI. 0603015728

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos en primer lugar a mi Padre Rene Albán, el hombre que con su amor y paciencia; ha estado presente en todos los momentos de mi vida; él me ha enseñado que con esfuerzo y dedicación los sueños se cumplen gracias a él hoy esto se hace posible.

A mi madre Teresa Díaz, que a pesar de las adversidades me ha brindado su apoyo y me ha enseñado a ser una mujer luchadora.

A mis hermanas y hermanos; les dedico cada uno de mis logros y les agradezco por el amor, todo lo que soy y hago es por hacerlos sentir orgullosos.

A mis maestros, compañeros y amigos; agradecerles por su sincera amistad, por cada experiencia vivida a lo largo de este camino.

Dennis Jackeline Albán Díaz

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo técnico agradezco principalmente a Dios por ser quien estuvo ahí en los momentos más difíciles y la frase que siempre me acompañó en esta travesía universitaria es: “Por tanto, no os preocupéis por el día de mañana; porque el día de mañana se cuidará de sí mismo. Bástele a cada día sus propios problemas”. (Reina Valera, 1969, Mateo,6:34)

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que ahora soy, son los mejores padres.

A mi hermana por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral que me brindo a lo largo de esta etapa.

A todas las personas que a lo largo de esta travesía estuvieron presentes con su apoyo, sobre todo aquellas que abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos

Jhipson Oswaldo Quishpi Quishpi

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xxi
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Alcance y limitaciones	2
1.5 Propuesta de intervención y beneficiarios.....	3
1.6 Objetivos	3
1.6.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.6.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.7 Localización General del Proyecto	4
1.7.1 Límites del cantón:	5
1.7.2 Ubicación del Área de estudio.....	5
CAPÍTULO II.....	7
ESTUDIO DE TRÁFICO	7
2.1 Introducción	7
2.2 Alcance.....	7
2.3 Recopilación de Información Existente	7
2.4 Tasa de crecimiento Vehicular	9
2.5 Vehículo de diseño	10
2.6 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	10
2.7 Proyección del tráfico.....	12
2.7.1 <i>Tráfico generado (TG)</i>	13
2.7.2 <i>Tráfico atraído o desarrollado (TD)</i>	14
2.7.3 <i>Trafico desviado (Td)</i>	14
2.8 Clasificación del tipo de vía	15
2.9 Número de Ejes Equivalentes ESAL'S.....	16

2.9.1 Factor dirección (<i>F_d</i>)	16
2.9.2 Factor Carril (<i>F_c</i>)	17
2.9.3 Factor Equivalencia de Carga	17
2.9.4 Factor Daño (<i>FDV</i>)	18
2.9.5 Determinación del número de ejes equivalentes <i>ESAL'S</i>	18
CAPÍTULO III.....	19
SELECCIÓN DE RUTA	19
3.1 Introducción	19
3.2 Información Topográfica.....	19
3.3 Trazado de las Rutas	20
3.3.1 Alternativa de Ruta 1	21
3.3.2 Alternativa de Ruta 2	23
3.4 Método de Bruce	24
3.5 Evaluación de las alternativas	27
3.5.1 Evaluación geológica e hidrológica.....	27
3.5.2 Evaluación del Suelo y usos	27
3.5.3 Evaluación Económica	28
3.5.4 Evaluación ambiental.....	30
3.5.5 Evaluación social	30
3.5.6 Selección de Ruta.....	30
CAPÍTULO IV.....	31
ESTUDIO TOPOGRÁFICO	31
4.1 Reconocimiento de Campo	31
4.2 Trabajos de Campo.....	32
4.3 Trabajos de Gabinete.....	34
4.4 Equipo Topográfico Utilizado.....	34
4.5 Puntos de Posicionamiento GPS	35
4.6 Planimetría y Altimetría	36
CAPÍTULO V.....	37
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.....	37
5.1 Introducción	37

5.2 Normativa.....	37
5.3 Criterios de diseño.....	37
5.3.1 Gradiente Transversal.....	37
5.3.2 Gradiente Longitudinal	38
5.3.3 Velocidad de diseño.....	38
5.3.4 Velocidad de circulación	39
5.3.5 Magnitud Peralte.....	39
5.3.5.1 Cálculo de la longitud total del desarrollo del peralte.....	40
5.3.6 Sobreancho	41
5.3.7 Radio Mínimo de Curvatura.....	43
5.3.7.1 Coeficiente de fricción lateral.	43
5.3.8 Distancia de visibilidad.....	44
5.3.8.1 Distancia de Percepción – reacción (d1).	45
5.3.8.2 Distancia de frenaje (d2).	45
5.3.9 Distancia de Rebasamiento	47
5.4 Sección típica Adoptada.....	48
5.5 Alineamiento Horizontal.....	49
5.5.1 Curvas Horizontales.....	49
5.6 Alineamiento Vertical	51
5.6.1 Gradiente Longitudinal	51
5.6.2 Curvas verticales	52
5.6.2.1 Cálculo de la Longitud mínima de las curvas verticales cóncavas de diseño.....	52
5.6.2.2 Cálculo de la Longitud mínima de las curvas verticales convexas de diseño.	54
5.6.3 Longitud mínima de las curvas verticales	55
5.7 Diseño de Intersección de acceso a la vía.....	56
5.7.1 Tipos de Intersecciones a nivel.....	57
5.7.2 Criterios básicos de diseño.....	58
5.8 Movimientos de Tierra.....	59
5.8.1 Diagrama de Masas.....	61
5.8.2 Ubicación Escombreras	62
CAPÍTULO VI.....	63

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.....	63
6.1 Introducción	63
6.2 Normativa.....	63
6.3 Características geotécnicas del terreno	63
6.3.1 Origen geológico- geotécnico	63
6.4 Susceptibilidad a Riesgos Naturales	65
6.4.1 Amenaza Sísmicas.....	65
6.4.2 Amenaza Volcánica.....	66
6.4.3 Amenaza a Inundaciones	67
6.5 Análisis Geotécnico de la subrasante	68
6.5.1 Exploración y Muestreo de Suelos	69
6.5.1.1 Fase Pre-Campo.	69
6.5.1.2 Fase de Campo.	69
6.5.1.3 Fase de laboratorio.....	71
6.5.1.3.1 Resultados de laboratorio.....	72
6.5.2 Naturaleza y distribución de unidades Geotécnicas	73
6.5.3 Nivel freático	74
6.5.4 Perfil estratigráfico.	74
6.5.5 California Bearing Ratio (CBR).....	75
6.5.6 Módulo Resiliente (M_r)	77
6.6 Estabilidad de Taludes	77
6.6.1 Normativa	78
6.6.2 Trabajo en Campo	78
6.6.3 Fase de Laboratorio	79
6.6.4 Cálculo de Talud de Corte y Relleno.....	81
6.6.6 Factor de Seguridad	82
6.6.6.1 Método de Bishop.	82
6.7 Fuente de Materiales	85
6.7.1 Ubicación de la Mina	85
6.7.2 Fase de laboratorio	86
6.7.2.1 Correlación con la Densidad máxima seca.	87

6.7.2.2 <i>Correlación con el Óptimo Contenido de Humedad.</i>	88
CAPÍTULO VII	90
DISEÑO DE PAVIMENTO	90
7.1 Diseño Estructural del Pavimento Flexible Método AASHTO 93	90
7.1.1 <i>Parámetros de diseño</i>	90
7.1.1.1 <i>Periodo de Diseño.</i>	90
7.1.1.2 <i>Tránsito de diseño.</i>	91
7.1.1.3 <i>Índice de Serviciabilidad (ΔPsi).</i>	91
7.1.1.4 <i>Nivel de Confianza (R%).</i>	92
7.1.1.5 <i>Desviación Estándar</i>	92
7.1.1.5.1 <i>Desviación estándar normal (Z_r).</i>	92
7.1.1.5.2 <i>Desviación estándar total (S_o).</i>	93
7.1.1.6 <i>Coefficiente de Drenaje.</i>	93
7.1.1.7 <i>Coefficiente Estructural y Modulo Resiliente.</i>	93
7.1.1.7.1 <i>Mejoramiento (a4).</i>	94
7.1.1.7.2 <i>Sub-base (a3).</i>	95
7.1.1.7.3 <i>Base (a2).</i>	96
7.1.1.7.4 <i>Concreto Asfáltico (a1).</i>	97
7.1.2 <i>Número Estructural de Capa</i>	98
7.1.3 <i>Determinación del Espesor de Capa</i>	99
7.2 <i>Diseño Estructural de Superficie de rodadura no Pavimentada</i>	101
CAPÍTULO VIII.....	104
DISEÑO HIDRÁULICO	104
8.1 Alcance.....	104
8.2 Delimitación de la cuenca hidrográfica.....	104
8.3 Parámetros generales de la micro cuenca hidrográfica	105
8.3.1 <i>Características físicas de la cuenca hidrográfica</i>	105
8.3.2 <i>Parámetros de forma</i>	106
8.3.2.2 <i>Desnivel altitudinal (d_a).</i>	107
8.3.3 <i>Parámetros de relieve</i>	107
8.3.3.1 <i>Pendiente uniforme del cauce principal (j).</i>	107

8.3.3.2 Pendiente media de la cuenca (J).	108
8.3.3.3 Curva hipsométrica.	109
8.3.3.4 Altura media (h).	110
8.3.3.5 Perfil longitudinal.	110
8.3.4 Tiempo de concentración.	111
8.3.4.1 Método de Kirpich.	111
8.3.4.2 Método de California.	112
8.3.5 Elaboración del hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años.	112
8.3.6 Modelación hidrológica con HEC-HMS	114
8.3.6.1 Modelo meteorológico.	115
8.3.6.2 Especificaciones de control.	116
8.3.6.3 Datos de series de tiempo.	116
8.3.6.4 Resultados	117
8.3.7 Modelación hidrológica con HEC-RAS	117
8.3.7.1 Parámetros hidráulicos de diseño.	117
8.3.7.2 Resultados de la modelación con HEC-RAS del brazo de río Andoas	117
8.4 Diseño de obras de drenaje.	120
8.4.1 Intensidad de precipitación para un periodo de retorno	120
8.4.2 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	121
8.4.3 Periodo de retorno.	122
8.4.4 Determinación del caudal	123
8.4.5 Drenaje longitudinal.	126
8.4.5.1 Diseño de cunetas.	126
8.4.5.1.1 Coeficiente de rugosidad de Manning	127
8.4.5.1.2 Relaciones geométricas.	127
8.4.5.1.3 Velocidad máxima y mínima.	128
8.4.5.1.4 Otras consideraciones de diseño	128
8.4.5.2 Sección típica de la cuneta Rectangular.	133
8.4.5.3 Disipador de Energía.	134
8.4.5.3.1 Escalones.	134
8.4.5.4 Dimensionamiento geométrico del canal.	134

8.4.5.5 Pérdida de la Energía.....	135
8.4.5.6 Comprobación de la Rápida Escalonada.....	136
8.4.5.7 Límites de diseño para flujo escalonado.....	136
8.4.6 Drenaje transversal.....	140
8.4.6.1 Selección del tipo de alcantarilla.....	141
8.4.6.2 Determinación del caudal de diseño.....	141
8.4.6.2.1 Cunetas.....	141
8.4.6.2.2 Cruce de corrientes.....	142
8.4.6.3. Dimensionamiento Hidráulico.....	142
8.4.6.3.1 Borde Libre.....	143
8.4.6.4.3 Cálculo del tirante normal y crítico.....	145
8.4.6.4.4 Estados de flujo en canales abiertos.....	145
8.4.6.4.6 Control de entrada y salida de alcantarillas.....	148
CAPÍTULO IX.....	154
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	154
9.1 Introducción.....	154
9.2 Objetivos.....	154
9.2.1 objetivo general.....	154
9.3 Descripción del proyecto.....	155
9.4 Área de influencia.....	155
9.5 Línea Base Ambiental.....	156
9.5.1 Medio Abiótico.....	156
9.5.1.1 Geología y Geomorfología.....	156
9.5.1.2 Uso de Suelo y Cobertura natural.....	158
9.5.1.3 Hidrología.....	159
9.5.1.4 Calidad del Aire.....	159
9.5.1.7 Riegos Naturales o amenazas.....	159
9.5.2 Medio biótico.....	160
9.5.2.1 Flora.....	160
9.5.2.2 Fauna.....	161
9.5.3 Medio antrópico.....	162

9.5.3.1 Auto identificación étnica.	162
9.5.3.2 Población económicamente activa.	163
9.5.3.3 Infraestructura de Viviendas.	164
9.5.3.4 Educación.	164
9.5.3.5 Transporte.	165
9.6 Identificación y Evaluación de impactos ambientales	166
9.7 Plan de Manejo Ambiental.	167
9.8 Matriz de Leopold	170
9.8.1 Magnitud (M).	170
9.8.2 Importancia (I)	170
9.8.3 Interpretación de resultados.	173
CAPÍTULO X.	174
SEÑALIZACIÓN VIAL.	174
10.1 Introducción	174
10.2 Señalización Vertical.	174
10.2.1 Señales preventivas (Código P).	174
10.2.2 Señales regulatorias (Código R).	176
10.2.3. Señales de información (Código I).	177
10.2.4 Señales especiales delineadoras (Código D).	178
10.2.5 Ubicación señales verticales.	181
10.2.5.1 Orientación señales verticales.	182
10.3 Señalización horizontal.	183
10.3.1 Líneas longitudinales.	183
10.3.1.1 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	183
10.3.1.2 Líneas de borde de calzada.	185
10.3.2 Líneas Transversales	186
10.3.2.1 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare.	186
10.4 Ubicación señalización horizontal y vertical	188
CAPÍTULO XI.	190
ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	190
11.1 Beneficios de proyecto	190

11.1.1 Incremento en costos de Producción.....	190
11.1.3 Tiempo de Movilización.....	191
11.1.2 Plusvalía del Sector	191
11.2 Costos del Proyecto (Egresos).....	193
11.2.1 Costos de Mantenimientos	193
11.2.2 Costos del Proyecto	193
11.3 Análisis Financiero del Proyecto.....	195
11.3.1 VAN (Valor Actual Neto)	195
11.3.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)	197
11.3.4 Determinación de Beneficio-Costo B/C del proyecto.....	198
CAPÍTULO XII	200
PRESUPUESTO	200
12.1 Alcance.....	200
CAPÍTULO XIII.....	205
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	205
13.1 Conclusiones	205
13.2 Recomendaciones.....	208
BIBLIOGRAFÍA	210

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Relación de número de vehículos por habitante</i>	9
Tabla 2 <i>Tasas de crecimiento vehicular Anual</i>	9
Tabla 3 <i>Tabla nacional de pesos y dimensiones de vehículos de diseño</i>	10
Tabla 4 <i>Crecimiento normal del tráfico anual a la fecha actual</i>	11
Tabla 5 <i>Proyección del tráfico con un periodo de 20 años</i>	13
Tabla 6 <i>TPDA final o de diseño para el proyecto</i>	15
Tabla 7 <i>Clasificación de Carreteras en función del tráfico proyectado</i>	15
Tabla 8 <i>Subclasificación Caminos Vecinales</i>	16
Tabla 9 <i>Factor Carril</i>	17
Tabla 10 <i>Fórmulas de factores equivalente de carga en función del tipo eje</i>	17
Tabla 11 <i>Determinación eje equivalentes de carga</i>	18
Tabla 12 <i>Cálculo de ESAL'S para Periodos de 10 y 20 Años</i>	18
Tabla 13 <i>Parámetros de diseño alternativas de ruta</i>	20
Tabla 14 <i>Elementos de curvas horizontales alternativa 1</i>	22
Tabla 15 <i>Elementos de curvas verticales alternativa 1</i>	22
Tabla 16 <i>Elementos de curvas horizontales alternativa 2</i>	23
Tabla 17 <i>Elementos de curvas verticales alternativa 2</i>	24
Tabla 18 <i>Valores del inverso del coeficiente de tracción</i>	25
Tabla 19 <i>Cotas de los puntos</i>	25
Tabla 20 <i>Cálculos de las distancias verticales- horizontales (Método de Bruce)</i>	26
Tabla 21 <i>Resultados Método de Bruce (IDA)</i>	26
Tabla 22. <i>Resultados Método de Bruce (REGRESO)</i>	27
Tabla 23 <i>Presupuesto referencial alternativa ruta 1</i>	28
Tabla 24 <i>Presupuesto referencial alternativa ruta 2</i>	29
Tabla 25 <i>Puntos de posicionamiento del proyecto (GPS)</i>	35
Tabla 26 <i>Valores de diseño recomendados para Gradiente</i>	38
Tabla 27 <i>Valores de diseño recomendados para la velocidad de diseño</i>	38
Tabla 28 <i>Relación entre Velocidad de Diseño y Velocidad de Circulación</i>	39
Tabla 29 <i>Gradiente Longitudinal (i) necesario para el desarrollo del peralte</i>	40
Tabla 30 <i>Gradiente transversal para pavimento recomendables</i>	40
Tabla 31 <i>Longitud de transición (L)</i>	41
Tabla 32 <i>Longitud tangencial (X)</i>	41
Tabla 33 <i>Cuadro de peraltes, sobreeanchos y longitudes X, L para tipo camino vecinal</i>	42
Tabla 34 <i>Radios mínimos de curvas horizontales recomendados</i>	44
Tabla 35 <i>Distancia de Visibilidad Mínima de Rebasamiento en función de la Vd</i>	47
Tabla 36 <i>Sección típica definitiva</i>	48
Tabla 37 <i>Elementos de las Curvas Horizontales</i>	50
Tabla 38 <i>Gradientes y Longitud es máximas</i>	52
Tabla 39 <i>Curvas verticales cóncavas mínimas</i>	53

Tabla 40	<i>Cálculo de las longitudes mín de las curvas cóncavas</i>	53
Tabla 41	<i>Curvas verticales convexas mínimas</i>	54
Tabla 42	<i>Cálculo de la longitud mínima de las curvas convexas</i>	55
Tabla 43	<i>Elementos de las curvas verticales</i>	56
Tabla 44	<i>Cálculo de áreas y volúmenes del proyecto (0+000.00 m - 0+700.00 m)</i>	60
Tabla 45	<i>Cálculo de áreas y volúmenes del proyecto</i>	61
Tabla 46	<i>Ubicación de quebradas y botaderos</i>	62
Tabla 47	<i>Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z</i>	66
Tabla 48	<i>Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada</i>	66
Tabla 49	<i>Descripción de amenazas Naturales</i>	66
Tabla 50	<i>Ubicación de Sondeos</i>	69
Tabla 51	<i>Resumen Ensayos Clasificación SUCS -AASHTO</i>	73
Tabla 52	<i>Resumen resultados de ensayos CBR</i>	75
Tabla 53	<i>CBR de diseño en función del DCP de campo y el CBR de laboratorio</i>	76
Tabla 54	<i>Clasificación de la Subrasante en función del CBR</i>	76
Tabla 55	<i>Resultados Ensayos Triaxial</i>	79
Tabla 56	<i>Resultado Ensayo Triaxial</i>	80
Tabla 57	<i>Peso Unitario y Ángulo de Fricción Interna de algunos Suelos</i>	80
Tabla 58	<i>Alturas recomendadas para talud de corte</i>	81
Tabla 59	<i>Alturas recomendadas para talud de relleno</i>	82
Tabla 60	<i>Cálculo de Talud</i>	82
Tabla 61	<i>Datos del talud crítico abs 0+720.00</i>	83
Tabla 62	<i>Resultados Estabilidad</i>	83
Tabla 63	<i>Cálculo de las Fuerzas de empuje y resistencia</i>	84
Tabla 64	<i>Mina de Lastre- ubicación y características</i>	85
Tabla 65	<i>Resultados Proctor Modificado del material de la Mina</i>	86
Tabla 66	<i>Periodo de diseño en años, según el tipo de Carretera</i>	90
Tabla 67	<i>Numero de ESAL'S para 10 y 20 años</i>	91
Tabla 68	<i>Índices de Servicialidad Inicial</i>	91
Tabla 69	<i>Índices de Servicialidad Final</i>	91
Tabla 70	<i>Nivel de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras</i>	92
Tabla 71	<i>Valores de Desviación estándar normal recomendados por la Guía AASHTO 93</i>	92
Tabla 72	<i>Valores de desviación estándar total recomendados por la guía AASHTO 93</i>	93
Tabla 73	<i>Valores recomendados del coeficiente de drenaje (mi), para base y Subbase no tratadas</i>	93
Tabla 74	<i>Condiciones mínimas para el diseño del mejoramiento</i>	94
Tabla 75	<i>Condiciones mínimas de diseño para Sub-base</i>	95
Tabla 76	<i>Condiciones de diseño para Base</i>	96
Tabla 77	<i>Estabilidad de Marshall en función del tipo de tráfico</i>	97
Tabla 78	<i>Parámetro para el cálculo del número estructural de capa</i>	99

Tabla 79 <i>Números estructurales superficie de rodadura pavimentada</i>	99
Tabla 80 <i>Espesores de la estructura de pavimento calculados</i>	100
Tabla 81 <i>Parámetros base para el diseño Estructural de la Superficie de rodadura no pavimentada</i>	101
Tabla 82 <i>Números Estructurales superficie de rodadura no pavimentada</i>	102
Tabla 83 <i>Espesores de la estructura calculados</i>	102
Tabla 84 <i>Características físicas de la microcuenca del brazo de río Andoas</i>	106
Tabla 85 <i>Índice de Gravelius para la evaluación de la forma</i>	106
Tabla 86 <i>Índice de Gravelius para la evaluación de una Interpretación Ambiental</i>	107
Tabla 87 <i>Pendiente media de la microcuenca</i>	108
Tabla 88 <i>Rangos de pendiente y tipo de terreno</i>	108
Tabla 89 <i>Altura media de la microcuenca</i>	110
Tabla 90 <i>Tiempo de Concentración Kirpich y California</i>	112
Tabla 91 <i>Periodo de Retorno de la estación la Concordia</i>	113
Tabla 92 <i>Descripción de los Parámetros del Modelo de la cuenca para el programa HEC-HMS</i>	114
Tabla 93 <i>Ecuación Representativa Estación la Concordia</i>	121
Tabla 94 <i>Intensidad Máxima de lluvias, Estación la Concordia</i>	122
Tabla 95 <i>Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial</i>	123
Tabla 96 <i>Tabla resumen de métodos para estimar el Caudal de Diseño</i>	123
Tabla 97 <i>Coeficiente de Escorrentía (factor K)</i>	125
Tabla 99 <i>Coeficiente de Escorrentía para diferentes tipos de Terreno</i>	125
Tabla 100 <i>Coeficientes de rugosidad de Manning (n)</i>	127
Tabla 101 <i>Tipo de Cuneta o Canal Rectangular</i>	127
Tabla 102 <i>Parámetros de diseño de cunetas 1</i>	130
Tabla 103 <i>Parámetro de Diseño de Cunetas 2</i>	131
Tabla 104 <i>Cálculo de cunetas- Sección rectangular</i>	132
Tabla 105 <i>Dimensionamiento Caudal y Calados</i>	138
Tabla 106 <i>Dimensionamiento de los escalones</i>	138
Tabla 107 <i>Cálculo de Huellas y Contrahuellas</i>	139
Tabla 108 <i>Cálculo de la Energía Disipada</i>	139
TABLA 109 <i>Condiciones Generales de Diseño para Alcantarillas</i>	141
Tabla 110 <i>Caudales de diseño para alcantarillas</i>	142
Tabla 111 <i>Métodos de Cálculo del Tirante Crítico y Normal</i>	145
Tabla 112 <i>Parámetros de diseño de las alcantarillas</i>	152
Tabla 113 <i>Propiedades geométricas de las alcantarillas</i>	152
Tabla 114 <i>Propiedades hidráulicas de las alcantarillas</i>	153
Tabla 115 <i>Pérdida de carga de la alcantarilla</i>	153
Tabla 116 <i>Unidad ambiental del proyecto</i>	156
Tabla 117 <i>Nivel de Instrucción de la población de Pedro Vicente Maldonado</i>	164

Tabla 118	<i>Vías Rurales Cantón Pedro Vicente Maldonado</i>	165
Tabla 119	<i>Identificación impactos ambientales</i>	166
Tabla 120	<i>Plan de prevención de impacto Ambientales</i>	167
Tabla 121	<i>Plan de manejo de desechos</i>	168
Tabla 122	<i>Plan de manejo de seguridad laboral y salud ocupacional</i>	168
Tabla 123	<i>Plan de Señalización y seguridad laboral</i>	169
Tabla 124	<i>Plan de socialización comunitaria</i>	169
Tabla 125	<i>Parámetros para calcular la magnitud e importancia- Matriz de Leopold</i>	171
Tabla 126	<i>Cálculo de la magnitud e importancia de los impactos ambientales</i>	171
Tabla 127	<i>Valoración del Impacto</i>	172
Tabla 128	<i>Matriz de Leopold del proyecto</i>	172
Tabla 129	<i>Dimensión de las Señales preventivas</i>	175
Tabla 130	<i>Señalización Vertical - Señales Preventivas</i>	175
Tabla 131	<i>Señalización Vertical - Señales regulatorias</i>	177
Tabla 132	<i>Señalización Vertical – Señales Delineadoras</i>	179
Tabla 133	<i>Cálculo de Delineadores de Curva</i>	181
Tabla 134	<i>Cantidades para la Señalización Vertical</i>	182
Tabla 135	<i>Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada.</i>	183
Tabla 136	<i>Niveles mínimos de retro reflexión en pinturas sobre pavimento (mcd/lux – m2)</i>	185
Tabla 137	<i>Anchos de carriles</i>	185
Tabla 138	<i>Cantidades para la Señalización horizontal</i>	187
Tabla 139.	<i>Señalización vertical lado derecho</i>	188
Tabla 140	<i>Señalización vertical lado izquierdo</i>	189
Tabla 141	<i>Costo de Producción Antes del Proyecto</i>	191
Tabla 142	<i>Costo de producción ejecutado el proyecto</i>	191
Tabla 143	<i>Precios de terreno por m² antes del proyecto</i>	192
Tabla 144	<i>Precios de terreno por m² ejecutado del proyecto</i>	192
Tabla 145	<i>Precios de terreno por m² ejecutado del proyecto</i>	192
Tabla 146	<i>Costo de movilización ejecutado el proyecto</i>	193
Tabla 147	<i>Costos por mantenimiento</i>	193
Tabla 148	<i>Costos del Proyecto</i>	194
Tabla 149	<i>Proyección de los beneficios</i>	194
Tabla 150	<i>Cálculo del Van del proyecto</i>	196
Tabla 151	<i>Cálculo del TIR del proyecto</i>	197
Tabla 152	<i>Relación beneficio /costo del proyecto</i>	198
Tabla 153	<i>Presupuesto preferencial pavimento flexible</i>	201
Tabla 154	<i>Cronograma Valorado Pavimento Flexible</i>	202
Tabla 155	<i>Presupuesto referencial superficie no pavimentada -capa granular</i>	203
Tabla 156	<i>Cronograma Valorado superficie no pavimentada- capa granular</i>	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Localización General del Proyecto</i>	4
Figura 2 <i>Ubicación del Área del Proyecto</i>	5
Figura 3 <i>Área del Proyecto-Apertura de vía Comunidad San Vicente de Andoas.</i>	6
Figura 4 <i>Imagen Satelital del Área del Proyecto Comunidad San Vicente de Andoas</i>	19
Figura 5 <i>Trazado de alternativa de ruta 1</i>	21
Figura 6 <i>Trazado de alternativa ruta 2</i>	23
Figura 7 <i>Método de Bruce -ejemplo distancias horizontal</i>	25
Figura 8 <i>Reconocimiento en campo-Autoridades UPS</i>	31
Figura 9 <i>Reconocimiento en campo-Área del proyecto</i>	31
Figura 10 <i>Levantamiento GPS GNSS - GPS 1</i>	32
Figura 11 <i>Levantamiento Estación total - Salida del brazo de Rio Andoas</i>	33
Figura 12 <i>Levantamiento -Brazo del río Andoas y Estero</i>	33
Figura 13 <i>Equipo topográfico-Estación total</i>	34
Figura 14 <i>Equipo topográfico-GPS GNSS</i>	35
Figura 15 <i>Ubicación Puntos de Posicionamiento del proyecto (GPS)</i>	36
Figura 16 <i>Sección típica Adoptada</i>	48
Figura 17 <i>Elementos de la curva circular simple</i>	49
Figura 18 <i>Elección del esquema o tipo de Intersección</i>	57
Figura 19 <i>Intersección simple sin canalizar -esquema base de intersección "T" o "Y"</i>	58
Figura 20 <i>Sección transversal en terraplén abscisa 0+180.00 m</i>	59
Figura 21 <i>Diagrama de Masa</i>	61
Figura 22 <i>Ubicación de Quebradas y botaderos</i>	62
Figura 23 <i>Mapa geológico del Ecuador - Esc: 1: 1 000 000</i>	64
Figura 24 <i>Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z</i>	65
Figura 25 <i>Nivel de amenaza volcánica por cantón del Ecuador</i>	67
Figura 26 <i>Mapa de probabilidad a deslizamientos e inundaciones</i>	68
Figura 27 <i>Ubicación de los Sondeos</i>	70
Figura 28 <i>Perfil estratigráfico Calicata</i>	74
Figura 29 <i>Resultados de CBR para el N° total de calicatas</i>	76
Figura 30 <i>Toma de Muestra del Ensayo Triaxial</i>	78
Figura 31 <i>Resultados de Laboratorio - Circulo de Mohr</i>	80
Figura 32 <i>Método de Bishop Abs 0+720.00 m</i>	83
Figura 33 <i>Ubicación de la Mina</i>	85
Figura 34 <i>Densidad Seca vs Humedad</i>	86
Figura 35 <i>Análisis de Regresión entre Máxima densidad Seca (MMD) y el CBR.</i>	87
Figura 36 <i>Análisis de regresión entre Óptimo contenido de humedad (OMC) y el CBR</i>	88
Figura 37 <i>Estructura de pavimento flexible</i>	101

Figura 38 Estructura de superficie no pavimentada -capa granular	103
Figura 39 Delimitación de la microcuenca del proyecto	105
Figura 40 Curvas de Intensidad Máxima de lluvias, Estación la Concordia	122
Figura 41 Disposición de la cuneta respecto al pavimento	129
Figura 42 Dimensiones mínimas de la cuneta triangular.....	133
Figura 43 Dimensión del escalón.....	134
Figura 44 Presencia de la profundidad crítica en caída vertical (escalón)	134
Figura 45 Elementos de una alcantarilla.....	140
Figura 46 Sección Hidráulica parcialmente llena	144
Figura 47 Muro de Cabecera.....	146
Figura 48 Secciones típicas de cabezal tipo cajón.....	147
Figura 49 Detalles de protección a la entrada y salida de las alcantarillas.....	148
Figura 50 Verificación de Control de Entrada	149
Figura 51 Verificación del Control de salida	150
Figura 52 Área de influencia del proyecto.....	156
Figura 53 Mapa geomorfológico del Cantón Pedro Vicente Maldonado.....	157
Figura 54 Ubicación geográfica de capacidades de uso de la tierra	158
Figura 55 Mapa de riesgos Naturales del Cantón Pedro Vicente Maldonado.....	160
Figura 56 Auto identificación según sus culturas y costumbres	162
Figura 57 Población ocupada por rama de actividad a nivel rural	163
Figura 58 Señal Informativa lateral.....	178
Figura 59 Soporte normal de dos postes – rural.....	178
Figura 60 Ubicación lateral de los delineadores de curva horizontal	180
Figura 61 Espaciamiento máximo de delineadores de curva horizontal.....	180
Figura 62 Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal	181
Figura 63 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.....	184
Figura 64 Demarcadores (ojos de gato, tacha)	184
Figura 65 Ángulos de iluminación y observación.....	185
Figura 66 Señalización líneas de borde	186
Figura 67 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare	186

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 <i>Tasa de Crecimiento Poblacional del Cantón Pedro V. Maldonado</i>	7
Ilustración 2 <i>Tasa de autos por cada 100 habitantes a nivel nacional</i>	8
Ilustración 4 <i>Sobreanchos de diseño</i>	42
Ilustración 5 <i>Coefficiente de fricción lateral para diferentes velocidades de proyecto</i>	43
Ilustración 6 <i>Coefficiente de fricción para patinaje longitudinal</i>	46
Ilustración 7 <i>Ábaco modulo resiente Mr para mejoramiento</i>	94
Ilustración 8 <i>Ábaco Modulo Resiente (Mr) para Sub- base</i>	95
Ilustración 9 <i>Ábaco Modulo Resiente (Mr) para Base</i>	96
Ilustración 10 <i>Ábaco Modulo Resiente Mr para Carpeta Asfáltica</i>	98
Ilustración 11 <i>Curva Hipsométrica de la microcuenca</i>	109
Ilustración 12 <i>Tipos de Curva Hipsométrica para definir la microcuenca</i>	109
Ilustración 13 <i>Perfil Longitudinal del brazo de río Andoas</i>	111
Ilustración 14 <i>Hietograma de la Estación de la Concordia</i>	113
Ilustración 15 <i>Especificación del tipo de precipitación utilizado</i>	115
Ilustración 16 <i>Especificaciones de Control para la simulación del programa</i>	116
Ilustración 17 <i>Hietograma de Diseño</i>	116
Ilustración 18 <i>Caudal Máximo de diseño para un periodo de retorno de 25 años</i>	117
Ilustración 19 <i>Visualización de la curva de gasto</i>	118
Ilustración 20 <i>Resultados de Modelación del brazo de río Andoas</i>	118
Ilustración 21 <i>Parámetros Hidráulicos en todo el tramo del cauce</i>	119
Ilustración 22 <i>Parámetros Hidráulicos de los márgenes del brazo de río Andoas</i>	119
Ilustración 23 <i>Orientación de las Señales Verticales</i>	182
Ilustración 24 <i>Detalle Anclaje De Señalización Vertical</i>	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO N° 1: Monografía de puntos GPS (M&M Constructores).
- ANEXO N° 2: Planos de Diseño Geométrico vial.
- ANEXO N° 3: Estudio de Suelo ECUASOIL-Ensayos de laboratorio.
- ANEXO N° 4: Estudio de Suelo ECUASOIL-Ensayos de laboratorio DCP.
- ANEXO N° 5: Estudio de Suelo ECUASOIL-Ensayos de laboratorio CBR.
- ANEXO N° 6: Estudio de Suelo ECUASOIL-Ensayos de laboratorio TRIAXIAL.
- ANEXO N° 7: Estudio de Suelo ECUASOIL-Ensayos de laboratorio de la MINA.
- ANEXO N° 8: Planos de Drenaje Vial.
- ANEXO N° 9: Planos de Señalización vial.
- ANEXO N°10: Análisis de Precio Unitarios.

RESUMEN

El presente proyecto técnico de titulación: “Estudio y Diseño definitivo para la apertura del camino vecinal “Vía Calacalí – La Independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas” ubicado en la Parroquia Pedro Vicente Maldonado, Cantón Pedro Vicente Maldonado, Provincia de Pichincha de longitud 1.5 km aproximadamente. Tiene como principal objetivo aportar con el desarrollo y satisfacer las necesidades que presenta la Comunidad San Vicente de Andoas; por los escasos de infraestructura vial en una zona estratégica para sus habitantes. El proyecto contempla todos los estudios preliminares necesarios, que son: hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, de tránsito y sus respectivas evaluaciones para dar opciones de rutas viables que sirvan de medio de comunicación para mejorar la calidad de sus habitantes y alrededores. Se presenta un diseño geométrico con el análisis de la selección de la mejor opción de ruta y dos alternativas de pavimento para su análisis económico y técnico; con sus respectivas justificaciones de diseño. Además de un diseño hidráulico que garantice la vida útil de la vía. Conscientes con la conservación del medio ambiente se propone un plan con el fin de mitigar los impactos ambientales generados y su respectivo presupuesto referencial del proyecto a ejecutarse. Es importante recalcar que el área a ser utilizada cuenta con afluentes hídricos, que son representativos en la Comunidad al ser fuente de abastecimiento de agua, motivo por el cual la implementación de este proyecto es fundamental para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Palabras clave: Diseño geométrico vial, camino vecinal, carreteras, cunetas, impacto ambiental, señalización vial.

ABSTRACT

This technical qualification project: Study and definitive design the construction of a new road " Calacalí Way- The Independence" 110 km- acquisition of the new water system for the San Vicente of Andoas community located in the municipality of Pedro Vicente Maldonado, Pedro Vicente Maldonado city, Pichincha province with an approximate longitude of 1.5 km. The principal objective is to contribute to the development and to satisfy the needs that the San Vicente of Andoas community presents; due to the lack of road infrastructure in a strategic zone for its habitants. The project considers all the necessary preliminary studies including hydrological, geological, geomorphological, transit and its respective evaluations in order to give options for viable roads to serve as means of transportation to improve the quality for its habitants and surrounding areas. It presents a geometric design with the analysis of the selection of the best option for the route and two pavement alternatives for their economic and technical analysis, with their respective design justifications. Furthermore, the hydraulic design is guaranteed for the life span of the road. Aligned with the conservation of the environment a plan is proposed to mitigate the impacts generated on the environment and their respective reference budget of the project to be executed. It is important to emphasize that the area to be used has hydric tributaries, that they are representatives of the community to be the water supply. The motive for the implementation of this project is fundamental in order to improve the quality of life for its inhabitants.

Key words: geometric road design, neighborhood road, highway, environmental impact, road signs.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La comunidad de San Vicente de Andoas cuenta con un sistema vial limitado formado, por una vía de segundo orden alterna denominada “Calacalí – La Independencia”; ubicada al margen izquierdo de dicha comunidad, que sirve de conexión entre la costa y la sierra ecuatoriana; así también, cuenta con una vía de tercer orden.

Por este motivo se presenta el siguiente proyecto técnico, con el fin de diseñar una vía que sirva de comunicación basada en las normas vigentes, segura y de calidad; que permitan aportar con el crecimiento de la Comunidad.

1.2 Planteamiento del Problema

Entre las principales problemáticas que se presentan en la comunidad, con respecto a la infraestructura vial, está la escasez de transporte para los habitantes del sector, así como también el transporte de carga provenientes de las actividades ganaderas y agrícolas; son fuente principal de ingresos de la población y alrededores.

Son evidentes las molestias y perjuicios ocasionados; al no contar con un servicio público básico y eficaz como es el agua potable. Porque en ciertas épocas del año es afectado a consecuencia de la temporada invernal, la presencia de lluvias intensas provoca el colapso del sistema de agua potable, generando inundaciones en las estructuras existentes y de esta manera impide la conducción del recurso hídrico hacia la planta de tratamiento. Por esta razón, el diseño de una vía de acceso que permita el ingreso de equipo y maquinaria; para realizar mantenimiento en la captación ubicada en el Río Chipal Chico, es una necesidad que debe ser cubierta para mejorar sus condiciones de vida.

1.3 Justificación

Actualmente la realización de proyectos técnicos relacionados con la vialidad debe garantizar un diseño idóneo de la infraestructura y asegurar su vida útil. Es importante mencionar que una vía es una obra fundamental para el desarrollo.

Para la comunidad de San Vicente de Andoas está en pleno crecimiento y ubicado en un lugar estratégico; para fortalecer el sector turístico por sus atractivos naturales y su clima; por esta razón, es importante la implementación del proyecto para mejorar la calidad de vida, generar comercio y estabilidad económica para cada uno de los habitantes de la comunidad. El Proyecto considera la mejor propuesta analizada desde todos los puntos de vista técnico, económico, social y ambiental.

1.4 Alcance y limitaciones

Al conocer las condiciones socioeconómicas y las características actuales del tramo en estudio; se plantea el trazado de dos alternativas de ruta previo al diseño geométrico vial definitivo considerando las características propias de la vía y las limitaciones existentes por el uso actual del suelo, debido a que cuenta con la presencia de un brazo de río que se denominará “Andoas” al no encontrar identificación alguna cruza transversalmente a cualquier trazo de vía propuesta, por lo que se prevé el diseño estructural de un puente, que de acuerdo al plan del proyecto presentado el diseño no contempla el estudio del mismo .

Se presenta dos opciones de diseño para la estructura de pavimento basados en los estudios técnicos realizados y se propone el diseño de obras de drenaje; para minimizar cualquier daño en la vía, así también la evaluación ambiental que proporciona los impactos que generan cambios en la zona del proyecto y finalmente presentar un presupuesto referencial para la ejecución del proyecto.

1.5 Propuesta de intervención y beneficiarios

Como principales beneficiarios tenemos:

- La población de la comunidad San Vicente de Andoas, que harán uso de la vía para fines convenientes.
- Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento; se facilitará el acceso para los mantenimientos de todo el sistema de agua potable desde la captación en el Río Chipal Chico hasta la planta de tratamiento ubicada en la vía “Calacalí – La Independencia”, garantizando un servicio de calidad.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Realizar el estudio y diseño definitivo para la apertura del camino vecinal “vía Calacalí – la Independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas” ubicado en la parroquia Pedro Vicente Maldonado, cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha de longitud 1.5 km.

1.6.2 Objetivos específicos

- Reconocer INSITU el área de estudio y recopilar información disponible.
- Realizar el estudio y diseño preliminar de alternativas de rutas.
- Seleccionar la ruta más segura, económica y amigable con el ambiente.
- Realizar el levantamiento de la información topográfica.
- Obtener las características físicas y mecánicas del suelo.
- Elaborar el diseño geométrico horizontal y vertical de la vía propuesta, rigiéndose a la normativa vigente.
- Realizar el diseño estructural del pavimento.

- Diseñar las obras complementarias necesarias que garanticen la vida útil de la vía.
- Elaborar planos del diseño vial
- Proponer el plan señalización, seguridad y mantenimiento Vial.
- Evaluar los impactos ambientales generados.
- Proporcionar a la comunidad un análisis financiero del proyecto para ser ejecutado.

1.7 Localización General del Proyecto

Provincia: Pichincha

Cantón: Pedro Vicente Maldonado

Parroquia: Pedro Vicente Maldonado

Figura 1

Localización General del Proyecto



Elaborado por: Autores a través de Arc Map10.5.

1.7.1 Límites del cantón:

Norte: Provincia de Imbabura

Sur: Provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas y el cantón San Miguel de los Bancos

Este: Cantón San Miguel de los Bancos y el Distrito Metropolitano de Quito.

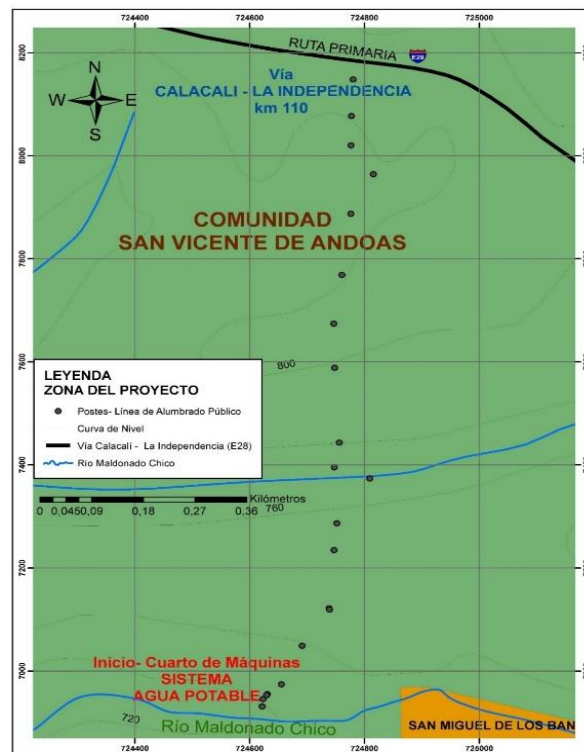
Oeste: Cantón Puerto Quito.

1.7.2 Ubicación del Área de estudio

La Comunidad San Vicente de Andoas se encuentra ubicada junto a la Vía Calacalí – La Independencia (E28) en el km 110. Sus coordenadas geográficas son: 0°, 5' Latitud Norte y 78°, 56' Longitud Occidental.

Figura 2

Ubicación del Área del Proyecto



Elaborado por: Autores a través de Arc Map10.5.

Figura 3

Área del Proyecto-Apertura de vía Comunidad San Vicente de Andoas.



Fuente: Autores,2021.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1 Introducción

En el presente capítulo se presenta el estudio de tráfico para la apertura de vía propuesta que es esencial e impacta directamente en el diseño geométrico vial. El mismo que consiste en definir el volumen de tránsito existente, tipos de vehículos a transitar y sus condiciones de uso.

2.2 Alcance

Para el estudio y a causa de la escasa información por ser apertura de vía, al no contar con vías colindantes similares que permitan tener una referencia de volumen de tráfico existente y sin registro de vehículos matriculados en el cantón Pedro Vicente Maldonado, se realizó el aforo a partir de una evaluación estadística relacionando el tráfico vehicular con la población como se menciona en las especificaciones de la Normativa del (MOP, 2003).

2.3 Recopilación de Información Existente

Al tomar en cuenta que el estudio no se cuenta con observaciones puntuales del tráfico, se realizó una estimación estadística que relaciona la tasa de autos por habitante a nivel nacional con la escala poblacional. Para fines de cálculo se obtiene información de la tasa de crecimiento poblacional del cantón Pedro Vicente Maldonado que es del 2.89%.

Ilustración 1

Tasa de Crecimiento Poblacional del Cantón Pedro V. Maldonado

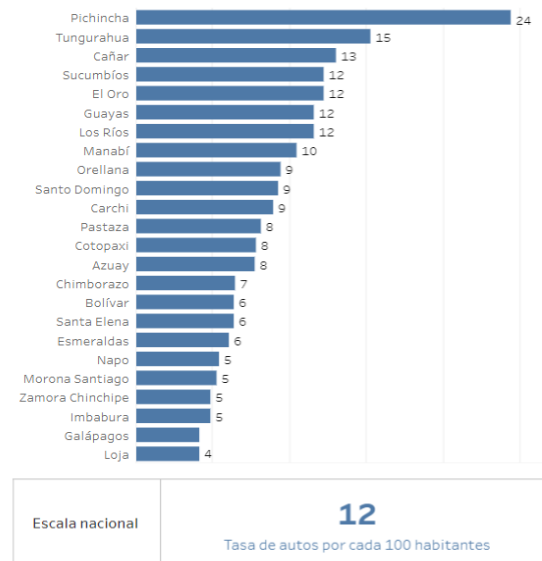


Fuente: (INEC,2010)

Adicional según (INEC, 2010), la tasa de autos por habitante que se observa a continuación en la ilustración 2, afirma que en la provincia de Pichincha por cada 10 personas tienen 2 vehículos, esta relación se aplica para el punto de estudio, se analiza que para la comunidad San Vicente de Andoas se adopta el valor de 1 vehículo por cada 10 personas para cálculos posteriores.

Ilustración 2

Tasa de autos por cada 100 habitantes a nivel nacional



Fuente: El comercio. Data, INEC (2010).

El valor para considerar de población es de 81 hab/km² para la comunidad de San Vicente de Andoas, ya que en dicha comunidad se presenta una alta densidad poblacional. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019).

A partir de la información obtenida se realizó una proyección de interés simple de la población, hasta la fecha actual como se presenta a continuación en la tabla 1, donde:

$$P_f = P_o(1 + r * t)$$

Pf= Población futura

Po= población inicial

r=tasa de crecimiento

t= tiempo en años comprendidos entre Pf y Po

Tabla 1

Relación de número de vehículos por habitante

Tiempo (x)	Densidad poblacional (Hab/km2)	N.º Vehículos Motorizados (y)
2010	81	8
2011	83	8
2012	88	9
2013	96	10
2014	107	11
2015	122	12
2016	144	14
2017	173	17
2018	212	21
2019	268	27
2020	345	35
2021	455	45

Elaborado por: Autores, 2021.

Se obtiene un volumen de tráfico de 45 vehículos en función de la proyección de la Población.

2.4 Tasa de crecimiento Vehicular

Se obtiene las tasas de crecimiento vehicular correspondiente a la provincia de Pichincha, que cubre el área del proyecto a realizarse, para los siguientes periodos:

Tabla 2

Tasas de crecimiento vehicular Anual

Periodo(años)	livianos (%)	Buses (%)	Camiones (%)
2010-2015	3.28	3.50	3.00
2015-2010	4.36	3.50	4.00
2020-2025	4.36	3.50	4.00
2025-2030	4.36	3.50	4.00

Fuente: EPMMOP, Vialidad

2.5 Vehículo de diseño

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas bajo la normativa (MOP - 001-F, 2002), considera varios tipos de vehículos de diseño más o menos equivalentes a los de la NORMATIVA AASHTO. Para el presente estudio el vehículo de diseño sería de tipo 2DA por las características de la zona y al volumen del tráfico; que es el más representativo, sus características a continuación:

Tabla 3

Tabla nacional de pesos y dimensiones de vehículos de diseño

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2D		 I I	7	5,50	2,60	3,00
2DA		 I I	10	7,50	2,60	3,50

Fuente: (MOP - 001-F, 2002, pág. 37)

2.6 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para determinar el TPDA, es indispensable disponer de los datos de una estación de contaje permanente, que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales. Así también, del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se puede esperar en el futuro” (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 12) .

Es importante considerar la recomendación de la normativa, el cálculo del tráfico promedio diario anual se lo realizó en base a la información obtenida de datos censales del 2010, proporcionado por el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas (INEC) para relacionar el tráfico vehicular con la población y obtener volumen futuro de tráfico.

La Normativa menciona que otro modelo a utilizarse es de REGRESIÓN LINEAL con el que se determina la ecuación de ajuste de la tasa de motorización en función del tiempo. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 19).

Para nuestro estudio en base a este modelo se obtiene los siguientes resultados:

Donde:

$$T_m = a + b * t$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

T_m= Tasa de motorización

a, b= Coeficiente de ajuste

t= Tiempo en años

n= número de datos de la información

x= variable independiente (tiempo)

y= variable dependiente (vehículos)

Tabla 4

Crecimiento normal del tráfico anual a la fecha actual.

Tiempo (años)	N.º Vehículos Motorizados
2011	19
2012	22
2013	25
2014	28
2015	30
2016	33
2017	36
2018	39
2019	42
2020	45
2021	48

Elaborado por: Autores, 2021.

El valor de volumen de tráfico obtenido es la representación actualizada en el área del proyecto, al no contar con información de tráfico existente.

2.7 Proyección del tráfico

Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años. Las proyecciones de tráfico son utilizadas para la clasificación de las carreteras que influyen en la determinación de la velocidad de diseño y demás datos geométricos del proyecto. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 16)

Mediante la siguiente ecuación se calcula el tráfico proyectado o futuro para el periodo de 20 años.

$$TPDA_{Proyectado} = TPDA * (1 + r)^t$$

Dónde:

TPDA proyectado= Tráfico promedio diario anual futuro

TPDA = Tráfico promedio diario anual en el año cero

r= Tasa de crecimiento del tráfico

t= Número de años proyectados.

Remplazando los valores se obtiene:

$$TPDA_{Proyectado} = 48 * (1 + 4\%)^{20}$$

$$TPDA_{Proyectado} = 105 \text{ vehiculos .}$$

En base al cálculo la ecuación directa y el método de regresión lineal, se corrobora que el volumen de tráfico vehicular futuro para un periodo de 20 años es de 105 vehículos. A continuación, se presenta la tabla de tráfico vehicular futuro para periodos de 10 y 20 años.

Tabla 5*Proyección del tráfico con un periodo de 20 años*

Tiempo (años)	Vehículos Motorizados (TPDA)
2021	48
2022	50
2023	53
2024	56
2025	59
2026	62
2027	65
2028	68
2029	70
2030	73
2031	76
2032	79
2033	82
2034	85
2035	88
2036	90
2037	93
2038	96
2039	99
2040	102
2041	105

Elaborado por: Autores, 2021.

2.7.1 Tráfico generado (TG)

El tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 20) .

Para la obtención de este se realizó en base a la Normativa (AASHTO, 1993), que establece que el tráfico generado es el tránsito de viajes totalmente nuevos y viajes que se hacían por otro medio de transporte; al tomar en cuenta el bajo volumen de tránsito en la zona del proyecto se toma el valor mínimo del rango.

Se obtiene:

$$T_G = (5\% - 25\%) * TPDA$$

Por lo que:

$$T_G = 5\% * 105$$

$$T_G = 5.25 \text{ veh mixtos/día/ambos sentidos}$$

2.7.2 Tráfico atraído o desarrollado (TD)

Se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 21)

Para su cálculo la normativa (AASHTO, 1993) establece que el tráfico desarrollado, es el aumento del volumen de tránsito por las mejoras en el suelo adyacente, a la carretera se encuentra entre los siguientes rangos.

Se obtiene:

$$T_D = (5\% - 8\%) * TPDA$$

Por lo que:

$$T_D = 5\% * 105$$

$$T_D = 5.25 \text{ veh mixtos/día/ambos sentidos}$$

2.7.3 Tráfico desviado (Td)

En este caso dicho valor es nulo, porque no existen vías que incrementen el volumen vehicular al ser la única vía de ingreso hacia la Captación del Sistema de Agua potable de la Comunidad San Vicente de Andoas.

Finalmente se determina el TPDA final o TPDA de diseño para un periodo recomendado por la normativa (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003).

Basada en la siguiente ecuación se presenta los valores en la tabla 6.

$$TPDA_{final} = TPDA_{proy} + TPDA_{DESARROLLADO} + TPDA_{DESVIADO} + TPDA_{GENERADO}$$

Tabla 6

TPDA final o de diseño para el proyecto

Tiempo (años)	TPDA	TG (5%)	TD (5%)	Td (0%)	TPDA final
2041	105	5.23	5.23	0.00	115

Elaborado por: Autores, 2021.

2.8 Clasificación del tipo de vía

De acuerdo con la proyección del tráfico para un período de 20 años ya definido, el proyecto de vía “Calacalí – La independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas” se diseña como una carretera de **CLASE IV tipo Camino Vecinal**. En base a la siguiente clasificación en función del TPDA final:

Tabla 7

Clasificación de Carreteras en función del tráfico proyectado

Función	Clase de Carretera	TPDA (año final de diseño)
CORREDOR ARTERIAL	RI – RII	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
	IV	100 – 300
VECINAL	V	< 100

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

A su vez dentro de los caminos vecinales existe una su clasificación, definida como tipo 5 para el presente estudio.

Tabla 8*Subclasificación Caminos Vecinales*

Clase de Carretera	Tipo de Camino Vecinal	TPDA	Superficie de Rodadura	Ancho de Calzada
IV	7	250-300	Doble tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB)	6 m
IV	6	150-250	Capa Granular de rodadura sin revestimiento	6 m
IV	5	<=150	Capa Granular sin revestimiento Empedrada	6 m
IV	5E	<=150		6 m
V	4	<=100	Capa Granular sin revestimiento Empedrada	4 m
V	4E	<=100		4 m

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

2.9 Número de Ejes Equivalentes ESAL'S

Para determinar el número de ESAL'S (Equivalent Simple Axial Load) o Carga axial simple equivalente, se realiza mediante el método de la AASHTO Simplificado, que consiste en determinar las repeticiones de carga producidas por los ejes de los vehículos de diseño con diferentes pesos, dimensiones y características; para convertir a un número de repeticiones equivalentes de carga de un eje estándar que causa el mismo daño al pavimento durante la vida útil de la vía.

La Normativa (AASHTO, 1993) proporciona la siguiente ecuación para el cálculo:

$$N = N_o * 365 * F_c * F_d * \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

Para el cálculo del número de ejes equivalentes ESAL'S se presenta a continuación cada parámetro que influyen en la formula presentada:

2.9.1 Factor dirección (Fd)

Según (AASHTO, 1993), este factor se denomina factor sentido o de distribución direccional, que se considera habitualmente del 0.5 dando por entendido que el tráfico total del flujo vehicular analizado se dirige en ambas direcciones. Pero puede variar dependiendo del tráfico y de los ingresos o accesos a la vía propuesta, para el estudio se toma el valor de 0.5.

2.9.2 Factor Carril (F_c)

La normativa (AASHTO, 1993), menciona que este factor de carril depende directamente de la cantidad de carriles que tendrá la vía en diseño, Se toma el valor de 1 al ser una vía de 1 carril por sentido. A continuación, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 9

Factor Carril

N.º Total de carriles por sentido	Fc
1	1
2	0.9
3	0.75

Fuente: (AASHTO, 1993)

2.9.3 Factor Equivalencia de Carga

Determinado el número y el tipo de vehículos que transitarán durante el período de diseño mencionado anteriormente, se calcula los factores de equivalencia de carga por cada tipo de eje planteados por la Normativa (AASHTO, 1993) en las siguientes ecuaciones:

Tabla 10

Fórmulas de factores equivalente de carga en función del tipo eje

Tipo de eje	Fórmula
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	$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{15}\right)^4$
Trídem	$F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{23}\right)^4$

Fuente: (AASHTO, 1993)

2.9.4 Factor Daño (FDV)

En la normativa (AASHTO, 1993) , para el método simplificado se introduce un valor de factor de equivalencia de carga, que representa el número de veces que pasa el eje normalizado de 8.2 ton por cada pasada del tipo de vehículo considerado. Dicho factor permite estimar el daño que producen los diferentes vehículos de diseño en un pavimento.

2.9.5 Determinación del número de ejes equivalentes ESAL'S

Remplazando los valores de los parámetros necesarios para obtener el número de ejes equivalentes de 8,2 Ton se obtiene:

Tabla 11

Determinación eje equivalentes de carga

Tipo Vehículo	Tipo De Eje	TPDA	Carga	FEC	FDV	No
Camión de (2) ejes medianos 2DA	Simple	48	3	0.0427	0.573	27.54
	S-R-D		7	0.5311	7	

Elaborado por: Autores, 2021.

Se determina el número de ejes equivalentes ESAL'S para un periodo de 10 y 20 años respectivamente. En la siguiente tabla:

Tabla 12

Cálculo de ESAL'S para Periodos de 10 y 20 Años

Tipo de vehículo	No	Fc	Fd	Periodo(años)	Nt
Camión de (2) ejes medianos 2DA	27.54	1	0.5	10	60342
				20	149663

Elaborado por: Autores, 2021.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN DE RUTA

3.1 Introducción

En el presente capítulo se presenta el diseño preliminar de dos rutas, su análisis y evaluación; se considera varios aspectos tanto técnicos como económicos, que permite definir cuál de las dos opciones es la mejor alternativa. El estudio se fundamenta en la información disponible y proporcionada; por los organismos del Estado autorizados y en la respectiva Normativa del Ministerio de transporte y obras Públicas (MOP 2003).

3.2 Información Topográfica

Para la obtención del modelo digital del área de terreno en estudio, para un diseño previo se lo realizó mediante el software Google Earth pro, que facilita imágenes satelitales del lugar para posteriormente a través del software Global Mapper generar curvas de nivel y definir un intervalo de 1m cada curva. Así también, se exporta la información al Software Civil 3D para realizar los trazados.

Figura 4

Imagen Satelital del Área del Proyecto Comunidad San Vicente de Andoas



Elaborado por: Autores a través Google Earth Pro.

3.3 Trazado de las Rutas

Para el trazado de las dos alternativas de Ruta, se realizó previamente el estudio de tráfico para obtener el volumen de vehículos al cual estará condicionado y el tipo de vía con sus respectivas características de diseño rigiéndose a la Normativa (MOP, 2003). Se determina un tipo de terreno ondulado a montañoso en ciertos tramos, por medio del análisis de la pendiente transversal tomada paralelamente entre los intervalos de curvas de nivel, es menor al 50 %.

Se diseñó con una pendiente longitudinal incrementada en el 3% recomendado por la Normativa para el caso de caminos vecinales. A continuación, el resumen de parámetros de diseño para las alternativas:

Tabla 13

Parámetros de diseño alternativas de ruta

Parámetros de Diseño	CLASE IV 100 – 300 TPDA
TPDA	115
Velocidad de Diseño (Km/h)	50
Velocidad de Circulación (Km/h)	46
Dist. de visibilidad para parada (m)	55
Dist. De visibilidad para rebasamiento (m)	210
Radio mínimo curvas horizontales (m)	75
Peralte	8%
Coef. K min curvas convexas	7
Coef. K min curvas cóncavas	10
Gradiente longitudinal máxima	8 %
Gradiente longitudinal mínima	0.50%
Ancho de pavimento (m)	6,00
Ancho de espaldones (m)	0,60
Tipo de material	Capa Asfáltica- Capa Granular
Gradiente transversal del pavimento	2,5%
Gradiente transversal para espaldones	4,0%

Elaborado por: Autores, 2021.

Se puede observar que en el área del proyecto no existe ninguna línea base de vía al cual regirse, los trazados cruzan únicamente terrenos con cobertura vegetal natural y ciertos terrenos utilizados para el cultivo de pasto. No existen plantaciones de ningún tipo, ni presencia de viviendas.

A partir de la superficie generada se realiza el trazado de la primera alternativa de ruta realizando su respectiva línea de ceros que (Cárdenas Grisales, 2013), la define como la línea que al ir a ras del terreno natural sigue la forma de éste, convirtiéndose en una línea de mínimo movimiento de tierra. Por lo tanto, cualquier eje vial de diseño que trate de seguirla lo más cerca posible, será un eje económico, desde este punto de vista. La misma que para realizar su trazo se calcula en función de la equidistancia del intervalo de curvas de nivel y la pendiente longitudinal de diseño. (pág. 23).

3.3.1 Alternativa de Ruta 1

Figura 5

Trazado de alternativa de ruta 1



Elaborado por: Autores, 2021

A continuación, el resumen del diseño geométrico tanto horizontal como vertical bajo la Normativa del (MOP, 2003):

Tabla 14

Elementos de curvas horizontales alternativa 1

N.º Curva	1	2	3	4	5
α	72°05'46"	89°11'46"	61°10'50"	43°53'06"	79°58'06"
Radio	80	110	110	80	80
T (m)	58.23	108.48	65.03	32.23	67.09
L. Curva (m)	100.67	171.26	117.47	61.27	111.16
L. Cuerda (m)	94.15	154.48	111.97	59.79	102.81
E (m)	18.95	44.49	17.79	6.25	24.41
M (m)	15.32	31.68	15.31	5.80	18.70
PC (m)	0+208.70	0+386.55	0+753.01	1+048.90	1+204.46
PI (m)	0+266.93	0+495.02	0+818.05	1+081.13	1+271.55
PI Norte	7194.8	7375.99	7626.6	7894.09	8061.95
PI Este	724764.67	724601.44	724871.9	724805.2	724901.67
PT (m)	0+309.37	0+557.81	0+870.48	1+110.17	1+316.12

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 15

Elementos de curvas verticales alternativa 1

N.º. Curva Cóncava	1	2	N.º. Curva Convexa	1	2
Abscisa PVC (m)	0+189.24	0+857.99	Abscisa PVC (m)	0+692.88	1+225.31
Elevación PVC (m)	759.52	777.21	Elevación PVC (m)	764.72	765.92
Abscisa PVI (m)	0+216.74	0+922.99	Abscisa PVI (m)	0+747.88	1+265.31
Elevación PVI (m)	761.39	784.36	Elevación PVI (m)	765.10	763.48
Abscisa PVT (m)	0+244.24	0+987.99	Abscisa PVT (m)	0+802.88	1+305.31
Elevación PVT (m)	761.58	780.40	Elevación PVT (m)	771.15	763.88
pendiente (%)	6.80	11.00	pendiente (%)	0.01	0.07
K:	9.02	7.60	K:	10.68	11.27
Longitud de Curva (m)	55.00	130.00	Longitud de Curva (m)	110.00	80.00
Radio de Curva (m)	901.64	760.23	Radio de Curva (m)	1,067.96	1,126.76

Elaborado por: Autores, 2021

Se realiza en base los alineamientos el cálculo de volúmenes que generan movimientos de tierra en el proyecto para una longitud de 1+417.00 m de vía y se obtiene:

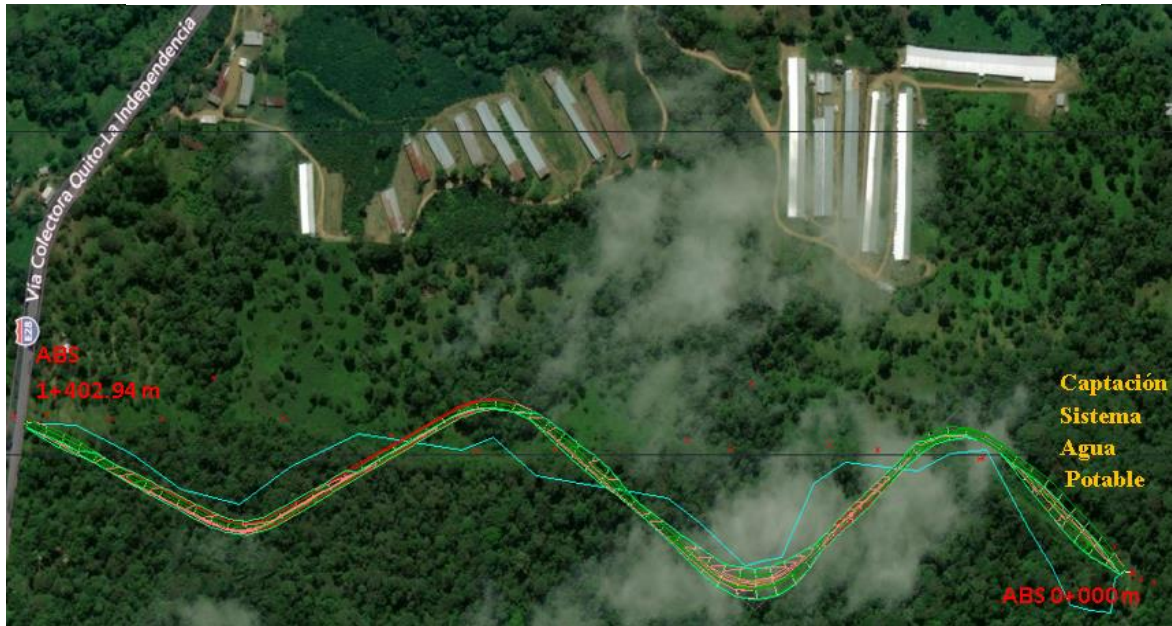
Volumen Acumulado de Corte: 33134.88 m³

Volumen Acumulado De Relleno: 26150.89 m³

3.3.2 Alternativa de Ruta 2

Figura 6

Trazado de alternativa ruta 2



Elaborado por: Autores, 2021

A continuación, el resumen del diseño geométrico tanto horizontal como vertical bajo la Normativa del (MOP, 2003):

Tabla 16

Elementos de curvas horizontales alternativa 2

N.º Curva	1	2	3	4
α	81°34'17"	77°24'35"	63°37'49"	50°50'27"
Radio	75.00	80.00	90.00	80.00
T (m)	64.71	64.10	55.84	38.02
L. Curva (m)	106.78	108.08	99.95	70.99
L. Cuerda (m)	97.98	100.05	94.89	68.68
E (m)	24.05	22.51	15.91	8.58
M (m)	18.21	17.57	13.52	7.75
PC (m)	0+173.28	0+447.65	0+785.29	1+106.50
PI (m)	0+237.98	0+511.75	0+841.13	1+144.52
PI Norte	7142.93	7368.67	7647.74	7929.46
PI Este	724787.59	724595.5	724805.9	724664.73
PT (m)	0+280.05	0+555.73	0+885.24	1+177.49

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 17*Elementos de curvas verticales alternativa 2*

N.º Curva Cóncava	1	2	Nº Curva Convexa	1
Abscisa PVC (m)	0+416.76	0+770.11	Abscisa PVC (m)	1+125.09
Elevación PVC (m)	768.97	775.36	Elevación PVC (m)	768.49
Abscisa PVI (m)	0+481.76	0+845.11	Abscisa PVI (m)	1+162.59
Elevación PVI (m)	772.24	776.18	Elevación PVI (m)	767.46
Abscisa PVT (m)	0+546.76	0+845.11	Abscisa PVT (m)	1+200.09
Elevación PVT (m)	772.94	774.12	Elevación PVT (m)	767.08
pendiente (%)	5.03	1.08	pendiente (%)	-2.74%
K:	32.94	39.20	K:	43.71
Longitud de Curva (m)	130.00	150.00	Longitud de Curva (m)	75.00
Radio de Curva (m)	3,294.27	3,919.45	Radio de Curva (m)	4,371.74

Elaborado por: Autores, 2021

Para la alternativa 2 con una longitud de 1+402.94 m de vía se obtuvo:

Volumen Acumulado de Corte: 41253.20m³

Volumen Acumulado De Relleno: 40544.74 m³

3.4 Método de Bruce

Para la evaluación de las alternativas de ruta (Cárdenas Grisales, 2013), propone este método. Él mismo que permite calcular las longitudes resistentes en base al trazado de la línea de ceros de cada ruta, respectivamente. (pág. 21). Para dicho cálculo se utiliza la siguiente expresión tenemos:

$$X_o = x + k\Sigma y$$

Donde:

Xo= Longitud resistente (m)

x = Longitud total del trazado (m)

Σy = Desnivel o suma de desniveles (m)

k = Inverso del coeficiente de tracción

En la Tabla 18 aparecen los valores de k para los distintos tipos de superficie de rodamiento.

Tabla 18

Valores del inverso del coeficiente de tracción

Tipo de superficie	Valor medio de k
Carretera en tierra	21
Macadam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento rígido	44

Fuente: Tabla 2.1 (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 21)

Se realiza el cálculo para las dos alternativas, a continuación, el ejemplo para la alternativa de ruta 1, se identifica la cota de cada variación del pendiente como se indica en la figura 7:

Tabla 19

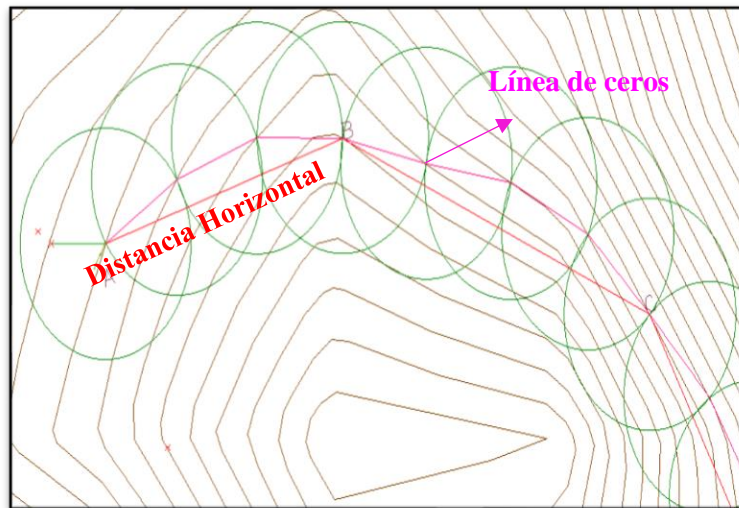
Cotas de los puntos

Puntos	Cota (m)
A	748
B	745
C	749
D	758
E	766
F	764
G	759
H	759
I	765
J	762
K	770
L	781
M	783
N	780
O	775
P	771
Q	761
R	768
S	764
T	765

Elaborado por: Autores, 2021.

Figura 7

Método de Bruce -ejemplo distancias horizontal



Elaborado por: Autores, 2021

El proceso de cálculo se realiza mediante las siguientes fórmulas, a continuación, los resultados para su respectiva evaluación:

$$\text{Distancia vertical (V)} = \text{Cota A} - \text{Cota B}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Distancia Vertical (V)}}{\text{Distancia Horizontal (H)}} * 100$$

Tabla 20

Cálculos de las distancias verticales- horizontales (Método de Bruce)

Puntos	Distancia (H)	Distancia (V)	Pendiente (%)
A-B	40.787	3	7
B-C	54.42	-4	-7
C-D	124.164	-9	-7
D-E	155.15	-8	-5
E-F	39.0563	2	5
F-G	93.303	5	5
G-H	19.882	0	0
H-I	118.366	-6	-5
I-J	59.057	3	5
J-K	123.336	-8	-6
K-L	147.016	-11	-7
L-M	39.0269	-2	-5
M-N	59.294	3	5
N-O	97.826	5	5
O-P	55.029	4	7
P-Q	132.45	10	8
Q-R	96.834	-7	-7
R-S	54.882	4	7
S-T	14	-1	-7

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 21

Resultados Método de Bruce (IDA)

Longitud IDA	Ruta 1	Ruta2
X (Longitud del trazado)	1465.32	1523.88
K asfalto	35	35
Σ Desniveles	37.00	39.00
	XO	2888.88

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 22.*Resultados Método de Bruce (REGRESO)*

Longitud REGRESO	Ruta 2	Ruta1
X (Longitud del trazado)	1465.32	1523.88
K asfalto	35	35
Σ Desniveles	56.00	59.55
XO	3483.88	3553.03

Elaborado por: Autores, 2021

3.5 Evaluación de las alternativas

3.5.1 Evaluación geológica e hidrológica

Según la (Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013), la unidad ambiental que predomina en el cantón Pedro Vicente Maldonado es el gran cono tabular de la llanura Costera. Por la ubicación del proyecto se encuentra dentro de esta unidad ambiental que tiene como características:

- Formas del relieve: superficies, vertientes y abruptos de cono de deyección antiguo; Superficie de cono de deyección reciente, vertientes y abruptos de cono de esparcimiento, superficies de cono de esparcimiento (disectadas y muy disectadas), gargantas y cerro testigos.
- Geología: Formación Macuchi, San Tadeo y Miembro Chontal
- Edafología: francos arenosos, francos limosos, francos y franco arcillosos; poco profundos, moderadamente profundos y profundos (pág. 26)

3.5.2 Evaluación del Suelo y usos

Actualmente en el área del proyecto se encuentra un tipo de suelo con matriz limo arcillosa. Presenta pendientes variables del 5-40%, se define como terreno ondulado- montañoso y sus tierras son de uso agrícolas. Existe presencia de bosques húmedos a lo largo del proyecto. (Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013, pág. 61).

3.5.3 Evaluación Económica

Tabla 23

Presupuesto referencial alternativa ruta 1

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS”					
N.º	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
	OBRAS PRELIMINARES				3705.58
1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	6.30	450.41	2837.58
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	1.40	620.00	868.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				74987.82
3	Excavación de material existente	m ³	33134.88	2.02	66799.92
4	Excavación para cunetas laterales	m ³	160.40	2.02	323.37
5	Transporte de material de excavación hacia es- combreras (libre 500 m.)	m ³ /Km	19275.81	0.41	7864.53
	CALZADA				215680.02
6	Transporte de material de mejoramiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m ³ /Km	35708.82	0.41	14640.62
7	Material de mejoramiento	m ³	1700.42	4.42	7515.86
8	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	26781.72	0.41	10980.51
9	Sub-base CLASE III	m ³	1275.32	23.07	29421.63
10	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	17854.41	0.41	7284.60
11	Base Clase IV	m ³	850.21	26.09	22181.98
12	Asfalto RC-250 para imprimación	lt/ m ²	8502.12	1.28	10916.72
13	Capa de rodadura, hormigón Asfáltico e=5.00cm	m ²	8502.12	13.26	112738.11
	DRENAJE				285641.13
14	Relleno para estructuras de alcantarillas	m ³	312.86	6.65	2080.52
15	Suministro y colocación tubería de acero corru- gada, D=1000 mm	m	99.00	282.88	28005.12
17	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A (f'c=210 Kg/cm ²) cabezales y cunetas	m ³	1307.93	189.84	248297.43
18	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	2403.33	1.51	7258.06
	SEÑALIZACIÓN				13762.89
19	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	18.00	159.22	2865.96
20	letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)	u	1.00	194.16	194.16
21	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75) m	u	42.00	186.40	7828.80
22	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	3462.62	0.83	2873.97
	PREVENCION AMBIENTAL				2230.92
23	Charlas de concientización	u	2.00	302.51	605.02
24	Agua para control de polvo	m ³	53.00	2.87	152.11
25	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	150.00	1.71	256.50
26	Letrina móvil	u	1.00	1217.29	1217.29
TOTAL:					596008.36

Elaborada por: Autores, 2021.

Tabla 24

Presupuesto referencial alternativa ruta 2

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS”					
N.º	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITRIO	TOTAL
	OBRAS PRELIMINARES				3705.58
1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	6.30	450.41	2837.58
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m²	1.40	620.00	868.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				74987.82
3	Excavación de material existente	m³	33134.88	2.02	66799.92
4	Excavación para cunetas laterales	m³	160.40	2.02	323.37
5	Transporte de material de excavación hacia es- combreras (libre 500 m.)	m³/Km	19275.81	0.41	7864.53
	CALZADA				215680.02
6	Transporte de material de mejoramiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m³/Km	35708.82	0.41	14640.62
7	Material de mejoramiento	m³	1700.42	4.42	7515.86
8	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m³/Km	26781.72	0.41	10980.51
9	Sub-base CLASE III	m³	1275.32	23.07	29421.63
10	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m³/Km	17854.41	0.41	7284.60
11	Base Clase IV	m³	850.21	26.09	22181.98
12	Asfalto RC-250 para imprimación	lt/ m²	8502.12	1.28	10916.72
13	Capa de rodadura, hormigón Asfáltico e=5.00cm	m²	8502.12	13.26	112738.11
	DRENAJE				354150.02
14	Relleno para estructuras de alcantarillas	m³	274.48	6.65	1825.29
15	Suministro y colocación tubería de acero corru- gada, D=1000 mm	m	31.83	282.88	9004.07
16	Suministro y colocación tubería de acero corru- gada, D=2000 mm	m	33.30	620.08	20648.66
17	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A (f'c=210 Kg/cm2) cabezales y cunetas	m³	834.56	189.84	316865.74
19	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	1922.60	1.51	5806.25
	SEÑALIZACIÓN				13762.89
20	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	18.00	159.22	2865.96
22	letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)		1.00	194.16	194.16
23	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75) m	u	42.00	186.40	7828.80
24	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	3462.62	0.83	2873.97
	PREVENCION AMBIENTAL				2316.42
25	Charlas de concientización	u	2.00	302.51	605.02
26	Agua para control de polvo	m³	53.00	2.87	152.11
28	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	200.00	1.71	342.00
29	Letrina móvil	u	1.00	1217.29	1217.29
				TOTAL:	664602.75

Elaborado: Autores, 2021

3.5.4 Evaluación ambiental

Con respecto a esta evaluación es evidente que el área afectada será la flora y fauna del lugar; porque no existe población ni edificaciones muy cercanas. La contaminación ambiental también puede ser de manera visual y auditiva generadas en las etapas del proceso constructivo; por esta razón, se debe proponer un plan de manejo ambiental.

3.5.5 Evaluación social

La Comunidad de San Vicente de Andoas es considerada como una comunidad de alta densidad poblacional. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019).

Por esta razón, promover su desarrollo es el objetivo principal del proyecto porque al implementarse se obtiene beneficios en las diferentes áreas como: Salud, Transporte, Producción y Turismo. El aporte que se pretende plasmar directamente es tener medios de comunicación que permitan a la población realizar sus actividades principales con facilidad y seguridad.

3.5.6 Selección de Ruta

La mejor alternativa de ruta se ha seleccionado en base a la viabilidad tanto técnica como económica, bajo los parámetros analizados mediante el método de Bruce; la alternativa de ruta 1 es la mejor opción para escoger porque presenta menor longitud y pendientes menores a las máximas establecidas; generando reducción de costos de construcción.

Es importante indicar que las dos alternativas de ruta atraviesan los bosques húmedos y cultivos de pasto, porque se encuentra en el área de influencia directa y generarían el mismo nivel de impacto ambiental. Adicional en base a la evaluación económica la primera alternativa de ruta representa un ahorro significativo del 10% en los procesos de construcción con respecto a la segunda alternativa.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

4.1 Reconocimiento de Campo

Se realiza la visita de campo hacia la Comunidad San Vicente de Andoas específicamente al área del proyecto para el reconocimiento, junto a las autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana, y el encargado de la Comunidad; el punto de estudio se encuentra cubierto de vegetación natural, no presenta plantaciones de ningún tipo que puedan ser afectadas.

Adicional se observa en el lugar la existencia de un pequeño estero no identificado y un brazo de río Andoas denominado de esta manera al no encontrar registros de este, la presencia de la línea de alumbrado público que conduce la energía hacia el sistema de agua potable en la Captación y se obtiene información sobre los terrenos pertenecientes a una sola finca por donde se prevé cruzar la vía en diseño. Por esta razón, la topografía debe ser a detalle y debe considerarse estos puntos de importancia para el trazado geométrico de la vía.

Figura 8

Reconocimiento en campo-Autoridades UPS



Fuente: Autores, 2021

Figura 9

Reconocimiento en campo-Área del proyecto



Fuente: Autores, 2021

4.2 Trabajos de Campo

M&M Constructores fue la empresa encargada del levantamiento topográfico, la misma que empezó con la monumentación y posicionamiento para la determinación de cada uno de los puntos GPS; realizando una ubicación estática con una recepción mínima de una hora por cada punto. Los puntos determinados fueron calculados después de realizar un post-procesamiento utilizando como base una de las estaciones de monitoreo continuo EPEC, que es parte de la REGME perteneciente al IGM (Instituto Geográfico Militar, 2021)

Realizado el procesamiento se obtienen las coordenadas de los puntos, que tienen como DATUM de referencia WGS-84, Sistema de Coordenadas UTM, Zona 17 Norte. Los puntos GPS determinados sirven para georreferenciar el sitio de estudio y como puntos de partida; para realizar el levantamiento topográfico de la franja pre-establecida con un ancho de 25 metros aproximadamente. Los puntos se tomaron tratando de formar una cuadrícula de 10m x 10m con la finalidad de obtener una topografía a detalle con una escala aproximada 1:1000.

Figura 10

Levantamiento GPS GNSS - GPS 1



Fuente: Autores, 2021.

Figura 11

Levantamiento Estación total - Salida del brazo de Rio Andoas



Fuente: Autores, 2021.

Figura 12

Levantamiento -Brazo del río Andoas y Estero



Fuente: Autores, 2021.

4.3 Trabajos de Gabinete

Posterior al trabajo de campo se procede a descargar la información de los equipos, se inicia por los GPS GNSS de precisión para realizar el post procesamiento en software TBC (TRIMBLE BUSINESS CENTER) con el fin de ajustar los puntos para la georreferenciación del levantamiento topográfico. Inmediatamente se realiza la descarga de la información de la estación total exportando el archivo en un formato .CSV para procesarlo en el software CIVIL 3D, generar su respectiva superficie y realizar diseño vial.

4.4 Equipo Topográfico Utilizado

Para el levantamiento topográfico se requiere de equipos de precisión:

- Una Estación total (Modelo M3) marca Trimble con sus respectivos aditamentos.
- Un equipo GPS GNSS (Modelo R4) marca Trimble con sus respectivos aditamentos.
- Un equipo de radio comunicación (4 Motorolas).
- Una laptop
- Una Cámara fotográfica

Figura 13

Equipo topográfico-Estación total



Fuente: Autores, 2021.

Figura 14

Equipo topográfico-GPS GNSS



Fuente: Autores, 2021.

4.5 Puntos de Posicionamiento GPS

A continuación, se presenta la tabla de los puntos de posicionamiento y ubicación en el área del proyecto obtenidos en campo con sus respectivas coordenadas.

Tabla 25

Puntos de posicionamiento del proyecto (GPS)

GPS	Coordenadas Geográficas Sistemas de Coordenadas: WGS 84			Coordenadas UTM Zona: 17 Norte		
	Latitud (° ' ")	Longitud (° ' ")	Alt. Elipsooidal (m)	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
01	0° 04'24.42546" N	78° 58'48.98420" O	811.676	8123.68	724792	789.571
02	0° 04'09.95095" N	78° 58'50.09982" O	806.713	7678.99	724757	784.606
03	0° 03'46.99690" N	78° 58'53.18529" O	762.254	6973.8	724662	740.145

Elaborado por: Autores,2021.

Figura 15

Ubicación Puntos de Posicionamiento del proyecto (GPS)



Elaborado por: Autores, 2021.

Se adjunta información en **ANEXO No 1: Monografía de puntos GPS (M&M Constructores)**

4.6 Planimetría y Altimetría

En la zona del proyecto en base a los estudios y levantamiento topográfico realizado se obtiene una topografía de tipo ondulada a montañosa con pendientes naturales del 0.74 al 31.97 % y una pendiente transversal mayor del 20 %.

Una altitud máxima 796.05 m.s.n.m y la mínima de 727.06 m.s.n.m. El modelo digital entrega por parte de la empresa (M&M Constructores) cuenta con 253 puntos topográficos, los mismo que generan una franja topográfica de 7.33 ha de superficie.

CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

5.1 Introducción

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 37)

En este capítulo se presenta los alineamientos horizontales y vertical definitivo; que se ajusta a las condiciones topográficas reales y se considera la implementación de un puente en el brazo de río Andoas. Con la información obtenida en campo y las recomendaciones de la Normativa (MOP, 2003), se propone un diseño geométrico óptimo y seguro.

5.2 Normativa

El diseño propuesto se rige a las Normativas vigentes tanto nacional como Internacional para la vialidad, como son:

- Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MOP, 2003)
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

5.3 Criterios de diseño

5.3.1 Gradiente Transversal

Según la Normativa (MOP, 2003), un terreno es de topografía montañosa cuando las pendientes del proyecto gobiernan el trazado, es de carácter suave cuando la pendiente transversal del terreno es menor o igual al 50%. (pág. 4).

El área de estudio donde se prevé implantar la vía presenta una pendiente transversal naturales del 5 - 40%, que permite clasificarla como terreno ondulado a montañoso.

5.3.2 Gradiente Longitudinal

Con la información del tipo de terreno mencionado, se tiene un rango de pendientes permisibles para el mismo; como se muestra a continuación:

Tabla 26

Valores de diseño recomendados para Gradiente.

Normas	Clase IV					
	100 - 300 TPDA					
	Recomendable			Absoluta		
	LL	O	M	LL	O	M
Gradiente longitudinal máxima (%)	5	6	8	6	8	12
Gradiente longitudinal mínima (%)	0.50%					

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003)

“Para caminos vecinales Clase IV se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y en 3% en terrenos montañosos; para longitudes menores a 750 metros”. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, págs. 2-R)

5.3.3 Velocidad de diseño

Para el proyecto de acuerdo con el tipo de terreno obtenido es de 25 km/ h este un valor absoluto. Siendo este el parámetro básico para definir las características y recomendaciones de cada uno de los elementos que intervienen en el trazado.

Tabla 27

Valores de diseño recomendados para la velocidad de diseño

Normas	Clase IV					
	100 – 300 TPDA					
	Recomendable			Absoluta		
	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (km/h)	80	60	50	60	35	25

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, págs. 2-R)

5.3.4 Velocidad de circulación

Para determinar la velocidad de circulación la normativa (2003), nos menciona que dicha velocidad se puede calcular en base a la velocidad de diseño y el volumen del tránsito actuante en la vía analizado anteriormente. La velocidad de circulación es de 24 km/ h.

Tabla 28

Relación entre Velocidad de Diseño y Velocidad de Circulación

Velocidad de Diseño (km/h)	Velocidad de Circulación (km/ h)		
	Volumen de tránsito		
	Bajo	Intermedio	Alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

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

5.3.5 Magnitud Peralte

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo, el valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 56)

Según la Normativa (MOP, 2003), recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidad hasta 50 Km/h. Haciendo referencia a esta recomendación se toma el valor del 8% como máximo peralte para este diseño. (pág. 56)

5.3.5.1 Cálculo de la longitud total del desarrollo del peralte. Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 57).

Para efecto de cálculos se asigna el valor de gradiente longitudinal (i) de 0,775 para una velocidad de diseño de 25 km/h y una pendiente transversal del 4 %, como se indica en las siguientes tablas.

Tabla 29

Gradiente Longitudinal (i) necesario para el desarrollo del peralte

VD (KM/h)	Valor de (i), %	Máxima pendiente equivalente
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

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

Tabla 30

Gradiente transversal para pavimento recomendables

Normas	Clase IV 100- 300 TPDA
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.5 (C.V TIPO 6 Y 7) 4 (C.V TIPO 5 Y 5E)

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

Reemplazando el valor de los parámetros obtenidos se presenta los resultados de dicho cálculo, en base a las siguientes fórmulas establecidas por la Normativa (MOP, 2003):

Tabla 31

Longitud de transición (L)

Parámetros		
$L = \frac{b * e}{2 * i}$		
e: Peralte	8	%
b: Ancho de calzada	6	m
i: Gradiente longitudinal	0.775	%
L=	32	m

Elaborado por: Autores,2021.

Tabla 32

Longitud tangencial (X)

Parámetros		
$N = \frac{b * P}{2 * i}$		
P: Pendiente transversal del camino.	4	%
b: Ancho de calzada	6	m
i: Gradiente longitudinal	0.775	%
X=	16	m

Elaborado por: Autores,2021.

5.3.6 Sobreancho

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

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

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

Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que los radios de la curva son mayores. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 69)

Se adopta un sobreebanco de 0,80 para radios de 100 m, para las condiciones del tipo de vía como indica la normativa del (MOP, 2003):

Tabla 33

Cuadro de peraltes, sobreebanco y longitudes X, L para tipo camino vecinal.

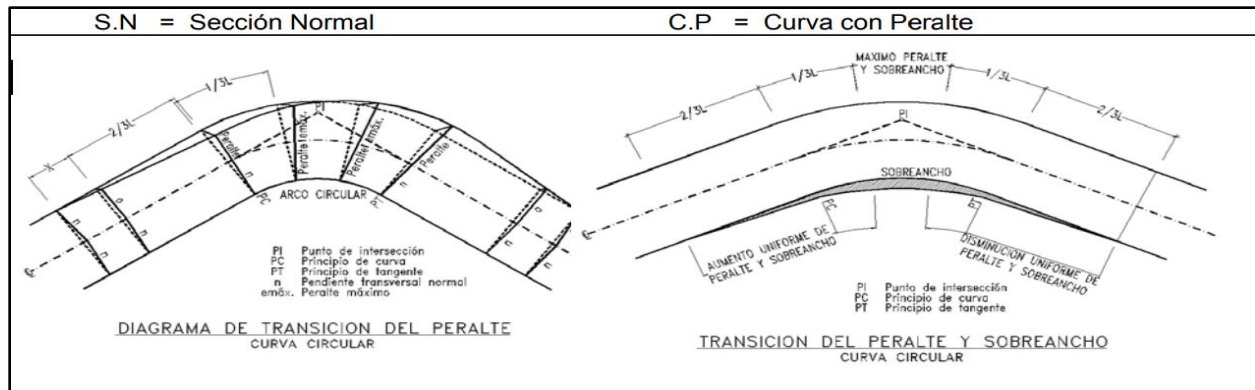
Velocidad de diseño	25	Gradiente Longitudinal	0.75
Ancho de la vía	6.00	Pendiente de la vía (%)	4.00
		Peralte máximo (%)	8.00

Radio(m)	Peralte (%)	Sobreebanco (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Mínima	Máxima
30	8.0	1.80	16	32	51
40	8.0	1.60	16	32	49
50	8.0	1.40	16	32	47
60	6.4	1.20	16	26	36
70	5.3	1.05	16	21	29
80	4.5	0.95	16	18	24
90	4.1	0.85	16	16	21
100	4.0	0.80	16	16	20
125	4.0	0.68	16	16	20
150	4.0	0.58	16	16	19
175	4.0	0.53	16	16	19
200	S. N				

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

Ilustración 3

Sobreebanco de diseño



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

5.3.7 Radio Mínimo de Curvatura

La Normativa (MOP, 2003), establece que el cálculo del radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede determinarse según la siguiente fórmula. (pág. 36)

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

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

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

Para el cálculo del radio mínimo determinamos los siguientes parámetros

5.3.7.1 Coeficiente de fricción lateral. Se lo determina en función de la velocidad del proyecto, esta es de 25 km/h previamente definida.

Ilustración 4

Coeficiente de fricción lateral para diferentes velocidades de proyecto

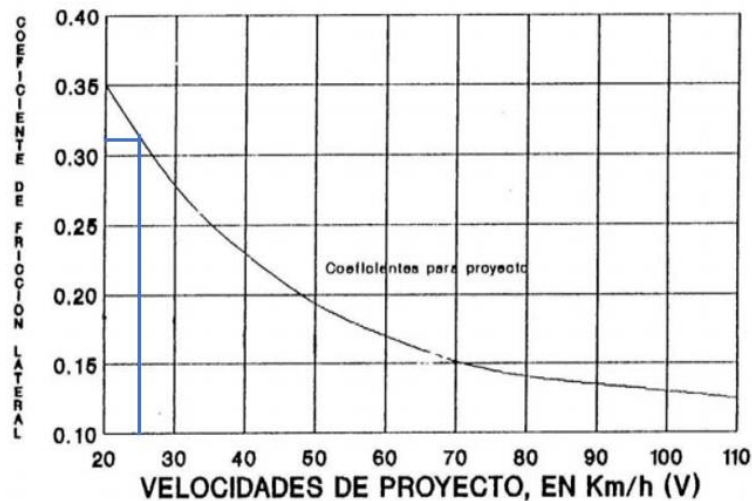


Fig. V.4 COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES

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

Según la (MOP, 2003) , el Peralte recomendado es del 8%. Reemplazando en la ecuación tenemos:

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

$$R = \frac{25^2}{127(0.08 + 0.315)}$$

$$R = 12.458 \text{ m}$$

El radio mínimo calculado en función del peralte máximo y del coeficiente lateral fue de 12.458 m y basado en la normativa (MOP, 2003) en la tabla 32 presentada a continuación, esta propone un radio mínimo absoluto de 20 m.

Tabla 34

Radio s mínimos de curvas horizontales recomendados

NORMAS	CLASE IV					
	100 - 300 TPDA					
	Recomendable			Absoluto		
	LL	O	M	LL	O	M
Radio mínimo de curvas horizontales	210	110	75	110	30	20

Elaborado por: Autores, 2021. *Fuente:* (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003)

5.3.8 Distancia de visibilidad

La mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; una la distancia (d1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor observa un objeto en el camino hasta la distancia (d2) de frenaje del vehículo. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003)

$$d = d_1 + d_2$$

5.3.8.1 Distancia de Percepción – reacción (d1). La distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción se calcula por la siguiente fórmula, el tiempo total de percepción más reacción hallado como adecuado, se lo considera igual a 2,5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad (para el 90% de los conductores según la AASHTO). (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003)

$$d_1 = \frac{V_c * t}{3.6}$$

$$d_1 = \frac{V_c * 2.5 \text{ seg}}{3.6 \text{ seg}}$$

$$d_1 = 0.7V_c$$

Donde:

d1= distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

Vc = velocidad de circulación del vehículo, expresada en (Km/h).

t = tiempo de percepción más reacción en (s).

Reemplazando los valores tenemos:

$$d_1 = 0.7 * 24 = 16.8 \text{ m}$$

5.3.8.2 Distancia de frenaje (d2). La distancia de frenaje se calcula utilizando la fórmula de la “carga dinámica” y toma en cuenta la acción de la fricción desarrollada entre las llantas y la calzada. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003)

$$d_2 \text{ Pf} = \frac{PV_c^2}{2g}$$

Expresando Vc en kilómetros por hora y para una gradiente longitudinal horizontal; la fórmula se convierte en:

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254 * f}$$

Donde:

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

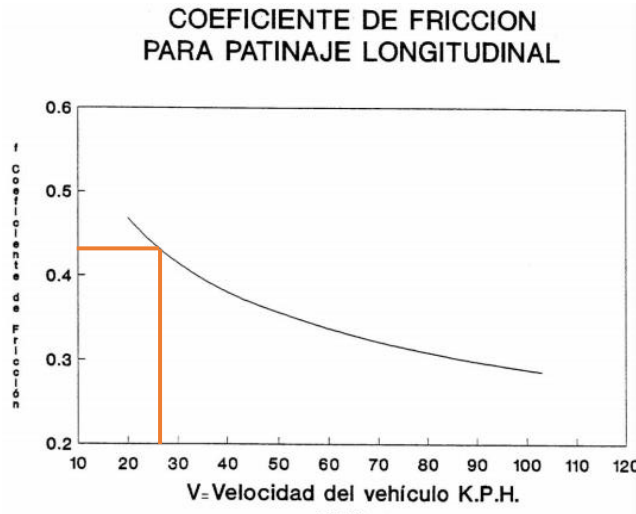
f = coeficiente de fricción longitudinal.

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

reemplazando los valores para el cálculo con $V_c = 24$ km/h:

Ilustración 5

Coeficiente de fricción para patinaje longitudinal



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

$$d_2 = \frac{24^2}{254 * 0,44}$$

$$d_2 = 5.096 \text{ m}$$

Se concluye que la distancia de visibilidad mínima es de:

$$d = d_1 + d_2 = 21.89 \text{ m} \approx 22 \text{ m}$$

En conclusión, se toma el valor de distancia de visibilidad mínima redondeada recomendada de 25 m. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, págs. 2-R).

5.3.9 Distancia de Rebasamiento

La Normativa (MOP, 2003), asume para la distancia mínima de rebasamiento lo siguiente:

1. El vehículo rebasado circula con velocidad uniforme.
2. Cuando llega a la zona de rebasamiento, el conductor del vehículo rebasante requiere de corto tiempo para percibir dicha zona y reaccionar iniciando la maniobra.
3. El vehículo rebasante acelera durante la maniobra y su velocidad promedio durante la ocupación del carril izquierdo es de 16 kilómetros por hora, mayor a la del vehículo rebasado.
4. Cuando el vehículo rebasante regresa a su propio carril del lado derecho, existe un espacio suficiente entre dicho vehículo y otro que viene en sentido contrario por el otro carril. (pág. 193).

Se adopta el valor de visibilidad mínima de rebasamiento para caminos vecinales de 80 m.

Tabla 35

Distancia de Visibilidad Mínima de Rebasamiento en función de la Vd.

Vd (km/h)	Velocidad De los Vehículos (km/h)		Distancia mínima De Rebasamiento (m)		
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada	
25	25	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	

Nota: () Valores Utilizados para caminos vecinales. Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003).

5.4 Sección típica Adoptada

A continuación, se presenta la sección típica adoptada con los valores recomendados por la (MOP, 2003).

Tabla 36

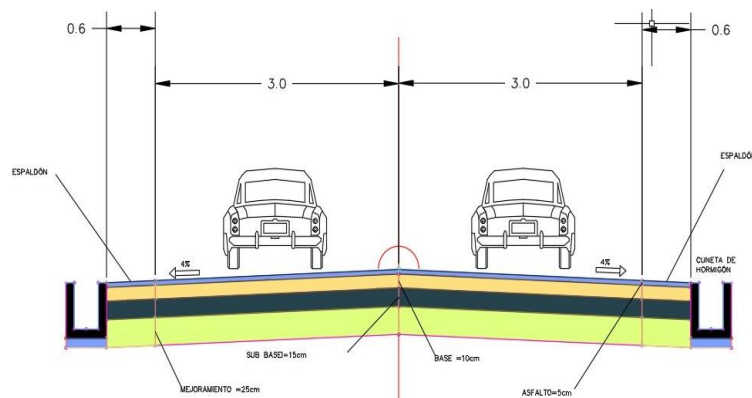
Sección típica definitiva

Parámetros de Diseño	CLASE IV 100- 300 TPDA
TPDA	115
Velocidad de Diseño (Km/h)	25
Velocidad de Circulación (Km/h)	24
Dist. de visibilidad para parada (m)	25
Dist. De visibilidad para rebasamiento (m)	80
Radio mínimo curvas horizontales (m)	20
Radio de diseño curvas horizontales (m)	100
Coef. K min curvas convexas	2
Coef. K min curvas cóncavas	3
Gradiente longitudinal máxima	14%
Gradiente longitudinal mínima	0.50%
Ancho de pavimento (m)	6,00
Ancho de espaldones (m)	0.60
Tipo de material	Capa Asfáltica- Capa Granular
Gradiente transversal del pavimento	4 %
Gradiente transversal para espaldones	4%

Elaborado por: Autores, 2021.

Figura 16

Sección típica Adoptada



Elaborado por: Autores, 2021.

5.5 Alineamiento Horizontal

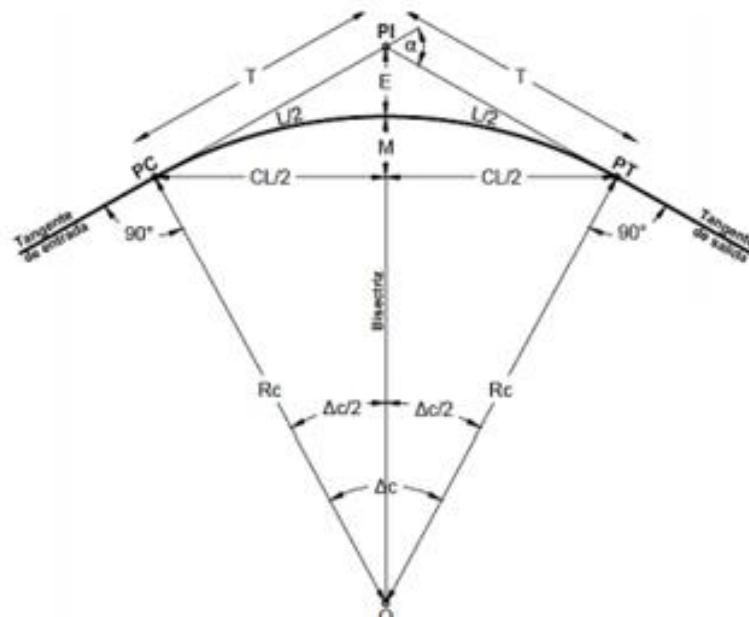
5.5.1 Curvas Horizontales

“Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas”.
(Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 36).

A continuación, se presenta los elementos de una curva circular simple, curva de diseño que se adoptó para el alineamiento horizontal ajustándonos a la topografía existente y a la normativa vigente.

Figura 17

Elementos de la curva circular simple



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

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC: Punto en donde empieza la curva simple

PT: Punto en donde termina la curva simple

α : Angulo de deflexión de las tangentes

ΔC : Angulo central de la curva circular

θ : Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

GC: Grado de curvatura de la curva circular

RC: Radio de la curva circular

T: Tangente de la curva circular o subtangente

E: External

M: Ordenada media

C: Cuerda

CL: Cuerda larga

L: Longitud de un arco

Le: Longitud de la curva circular

Los resultados obtenidos de los elementos de las curvas correspondientes al trazado del alineamiento horizontal del diseño geométrico definitivo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 37

Elementos de las Curvas Horizontales

N.º Curva	1	2	3	4	5	6
α	9°24'39"	13°44'18"	7°10'16"	11°03'36"	10°52'35"	33°31'05 "
Radio	100	100	100	100	100	100
T (m)	8.23	12.05	6.27	9.68	9.52	30.11
L. Curva (m)	16.43	23.98	12.52	19.30	18.98	58.50
L. Cuerda (m)	16.41	23.92	12.51	19.27	18.95	57.67
E (m)	0.34	0.72	0.20	0.47	0.45	4.44
M (m)	0.34	0.72	0.20	0.47	0.45	4.25
PC (m)	0+121.20	0+320.07	0+528.78	0+746.89	0+848.49	0+977.31
PI (m)	0+129.43	0+332.11	0+535.04	0+756.57	0+858.01	1+008.36
PI Norte	8040.03	7838.43	7637.22	7415.69	7315.89	7165.49
PI Este	724768.78	724790.09	724762.87	724760.81	724779.35	724778.43
PT (m)	0+137.63	0+344.05	0+541.29	0+766.19	0+867.48	1+037.52

Elaborado por: Autores, 2021.

5.6 Alineamiento Vertical

Para el diseño del alineamiento vertical se toma en cuenta los criterios recomendados por la Normativa (MOP, 2003) :

1. Se deben evitar los perfiles con gradientes reversas agudas y continuadas; en combinación con un alineamiento horizontal en su mayor parte en línea recta, por constituir un serio peligro; esto se puede evitar introduciendo una curvatura horizontal o por medio de pendientes más suaves, las que significan mayores cortes y rellenos.
2. Deben evitarse perfiles que contengan dos curvas verticales de la misma dirección entrelazadas por medio de tangentes cortas.
3. En ascensos largos, es preferible que las gradientes más empinadas estén colocadas al principio del ascenso y luego se las suavice cerca de la cima; también es preferible emplear un tramo de pendiente máxima, seguido por un tramo corto de pendiente suave en el cual los vehículos pesados pueden aumentar en algo su velocidad, después del cual sigue otra vez un nuevo tramo con pendiente máxima, en vez de proyectar un tramo largo de una sola pendiente, aunque ésta sea algo más suave. Esto es particularmente aplicable a carreteras de baja velocidad de diseño.
4. En la selección de la curva vertical a emplearse en un enlace determinado se debe tener en cuenta la apariencia estética de la curva y los requisitos para drenar la calzada en forma adecuada. (pág. 216).

5.6.1 Gradiente Longitudinal

La Normativa (MOP, 2003) menciona que las gradientes por adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos. Para nuestro diseño

se trabajó con pendientes de hasta el 14% en tramos críticos como se muestra en la siguiente tabla para la respectiva longitud.

Tabla 38

Gradientes y Longitud es máximas

Gradientes (%)	Longitud (m)
8—10	1000
10—12	500
12—14	250

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

En lo que se refiere al valor mínimo de diseño de la gradiente longitudinal es de 0,5%. Según la tabla de valores de diseño recomendados para carreteras de la Normativa (MOP, 2003).

5.6.2 Curvas verticales

Según la Normativa (MOP, 2003), la longitud de una curva vertical cóncava o convexa en su expresión más simple es:

$$L = K * A$$

Donde:

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

A = diferencia algébrica de las gradientes, expresada en porcentaje

K= Coeficiente

El alineamiento vertical se realizó con el trazo de curvas con parábolas simples.

5.6.2.1 Cálculo de la Longitud mínima de las curvas verticales cóncavas de diseño. Para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas se debe en tomar en cuenta parámetros básicos que se presenta en la tabla 38 como son:

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

V= Velocidad de diseño.

Tabla 39*Curvas verticales cóncavas mínimas*

Velocidad de diseño (km/h)	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
40	40	6.11	6
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

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

A continuación, para el cálculo de estas se utilizan las siguientes ecuaciones y reemplazando los valores se obtiene:

$$L = K * A$$

$$A = \text{Gradiente 1} - \text{Gradiente 2}$$

$$K = \frac{S^2}{122 + 3,5 * S}$$

Tabla 40*Cálculo de las longitudes mínimas de las curvas cóncavas*

Curva	VPI 2 (0+519.00)	VPI 1 (1+020.36)
Vd (km/h)		25.00
S (m)		25.00
K		3
p1 (%)	-1.34	10.00
p2 (%)	-14.00	-9.60
A (%)	12.66	19.60
Longitud Cv min (m)	37.77	58.47

Elaborado por: Autores,2021.

5.6.2.2 Cálculo de la Longitud mínima de las curvas verticales convexas de diseño. Para

la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas se debe en tomar en cuenta

parámetros básicos que se presenta en la tabla 39 como son:

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

V= Velocidad de diseño

Tabla 41

Curvas verticales convexas mínimas

Velocidad de diseño (kph)	Distancia de Visibilidad para Parada "S" (metros)	Coefficiente Calculado	K= S ² /426 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	7.10	7
60	70	11.50	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

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

A continuación, para el cálculo de estas se utilizan las siguientes ecuaciones y reemplazando los valores se obtiene:

$$L = K * A$$

$$A = \text{Gradiente 1} - \text{Gradiente 2}$$

$$K = \frac{S^2}{426}$$

Tabla 42*Cálculo de la longitud mínima de las curvas convexas*

Curva	VPI 1 (0+195.82)	VPI 3 (0+740.00)	VPI 4 (0+860.00)
Vd (km/h)		25.00	
S (m)		25.00	
K		2	
p1 (%)	-7.66	-14.00	0.00
p2 (%)	-1.34	0.00	10.00
A (%)	-6.32	-14.00	-10.00
Longitud Cvmin (m)	9.27	28.00	20.00

Elaborado por: Autores, 2021.

En conclusión, la longitud mínima para las curvas verticales convexas será igual a la distancia de visibilidad por parada recomendada de 25 m porque las longitudes calculadas son menores a esta.

5.6.3 Longitud mínima de las curvas verticales

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales cóncavas y convexas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 211).

$$L_{min} = 0.60 * V$$

En donde:

- ✓ V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora y es igual a 25.

$$L_{min} = 0.60 * (25 \text{ km/h})$$

$$L_{min} = 15 \text{ m}$$

A continuación, se presenta el detalle de los elementos de las curvas verticales definitivas.

Tabla 43

Elementos de las curvas verticales

Parámetros	N.º Curva Cóncava		N.º Curva convexa		
	1	2	1	2	3
Abscisa PCV (m)	0+451.50	0+945.36	0+175.82	0+705.00	0+835.00
Elevación PCV (m)	769.848	746.536	774.80	742.90	738.00
Abscisa PIV (m)	0+519.00	1+020.36	0+195.82	0+740.00	0+860.00
Elevación PVI (m)	768.944	754.036	738.000	773.27	738.00
Abscisa PVT (m)	0+586.50	1+095.36	0+215.82	0+775.00	0+885.00
Elevación PVT (m)	759.492	746.836	773.00	738.00	740.50
K: Pendiente entrada (%)	-1.34%	10.00%	-7.66%	-14.00%	0.00%
Pendiente salida (%)	-14.00%	-9.60%	-1.34%	0.00%	10.00%
K:	10.66	7.65	6.32	4.99	5.00
Longitud de Curva (m)	135	150	40.00	70.00	50.00
Radio de Curva (m)	1,066.19	765.269	632.927	499.928	500.00

Elaborado por: Autores, 2021.

Para apreciación del Diseño geométrico vial véase **ANEXO No 2: Planos de Diseño**

Geométrico vial.

5.7 Diseño de Intersección de acceso a la vía

El tramo de intersección de vías automovilísticas entre sí, o con vías ferroviarias a un nivel, es el más cargado, comparado con el resto de sus longitudes, debido a que la intensidad del tránsito en la intersección es igual a la suma de las intensidades de las vías que se interceptan. Las condiciones del tránsito en las intersecciones para los vehículos que se desplazan en dirección recta se dificultan debido a las interferencias causadas por las maniobras de giro de vehículos en forma individual (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003) Anexo 1. 3-A.

Se realiza el diseño de la intersección del proyecto con la vía principal “Calacalí – La Independencia”, a partir de la clasificación del tipo de vía que corresponde a CLASE IV tipo camino vecinal y al volumen de tráfico vehicular futuro.

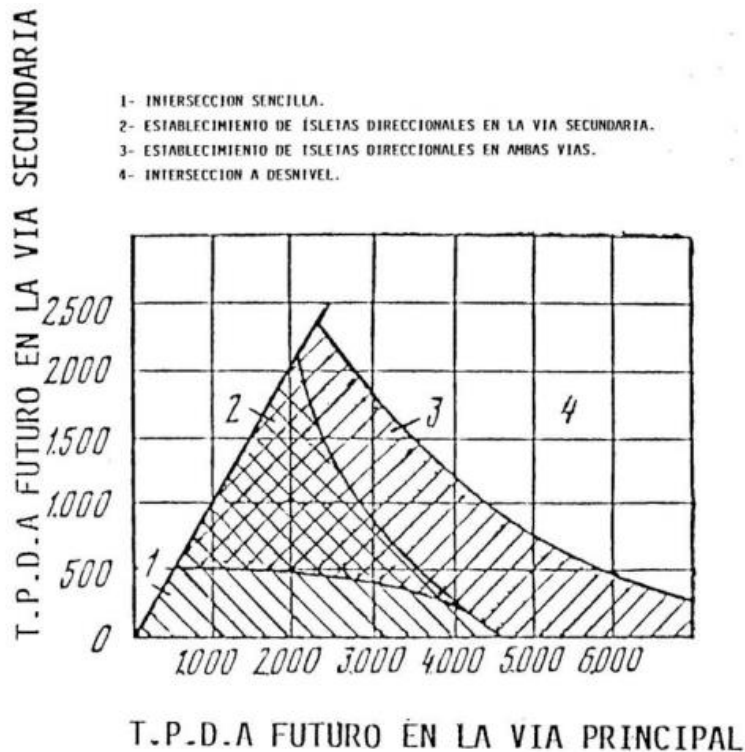
La Normativa (MOP, 2003) permite implementar intersecciones a nivel en vías de II clase con vías de IV y V clase y también en las vías de III, IV y V clase entre sí; si sumatoria del T.P.D.A. futura de las vías que se interceptan no sobrepasan los 4.000 veh/día. En el caso de que la sumatoria del TPDA sea menor a 1.000 veh/día, se pueda implantar una intersección a nivel sencilla.

5.7.1 Tipos de Intersecciones a nivel

Para la elección del tipo de intersección se propone la utilización grafico que se presenta continuación, se establece el campo racional de utilización de cada tipo de intersección, con la consideración de las pérdidas mínimas del transporte vehicular, debido a la espera de la posibilidad de circulación. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003) Anexo 1.4-A.

Figura 18

Elección del esquema o tipo de Intersección

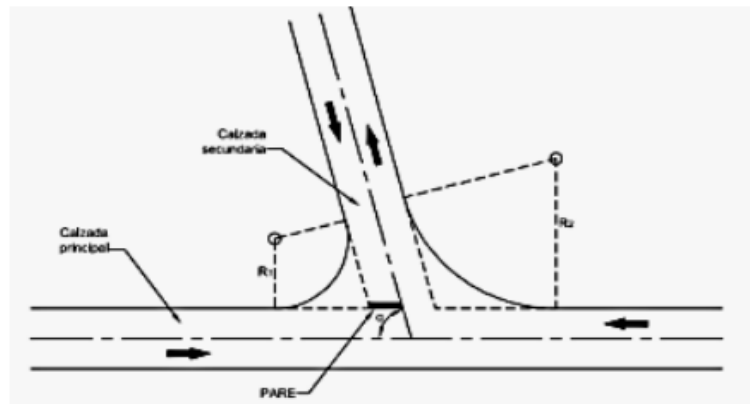


Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003) Anexo 1.4-A

En base al gráfico proporcionado por la Normativa del (MOP, 2003) y el estudio previo del tráfico vehicular; que caracterizo a la vía con un volumen bajo al tener un TPDA futuro o de diseño de 115 vehículos, se determina que el tipo de intersección a diseñar corresponde a una confluencia sencilla como se muestra a continuación.

Figura 19

Intersección simple sin canalizar -esquema base de intersección "T" o "Y"



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

5.7.2 Criterios básicos de diseño

Según la Norma (MOP - 001-F, 2002) y la Normativa (MOP, 2003) recomienda lo siguiente para la implementación de intersecciones:

- El ángulo de entrada (α) debe estar comprendido entre 60° y 90° . Para nuestro estudio se recomienda tomar de 60° .
- Se deben dar condiciones de tránsito preferenciales al flujo vehicular de mayor intensidad.
- La capacidad de flujo vehicular de una intersección a nivel depende del radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado de las curvas de las vías que se enlazan. Se recomienda utilizar los valores del radio del borde interno de la calzada desde 15 metros para vías de IV y V clase, hasta 22 metros para vías de I y II clase.

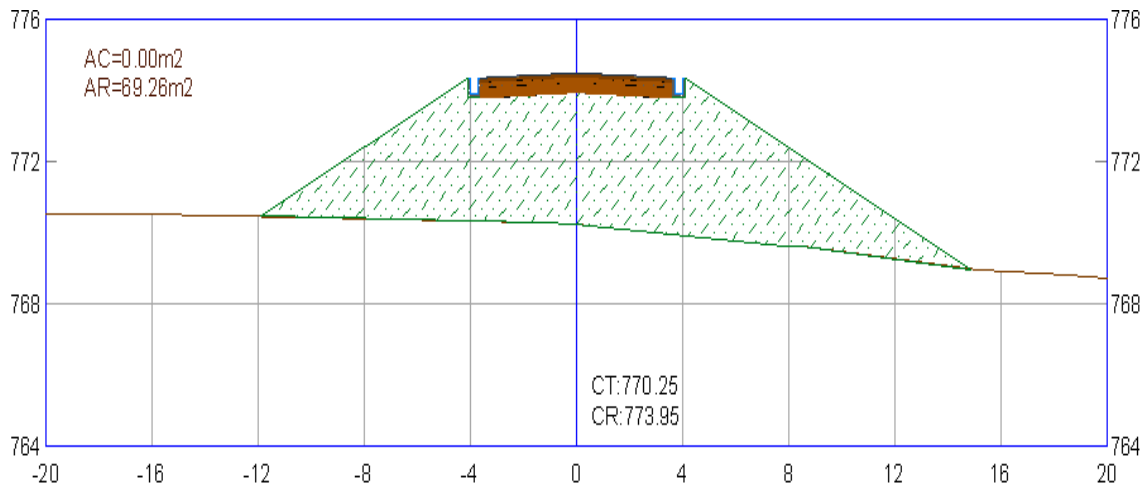
5.8 Movimientos de Tierra

En base a los Alineamientos horizontal y vertical se observa que existe gran cantidad de material para movilizar específicamente de corte. La existencia del brazo de río Andoas es determinante, debido a que el diseño geométrico se lo realizó analizando la ubicación de la cota donde se debe implementar el puente y al contar con el uso de las pendientes máximas permisibles genera un significativo volumen de tierra.

Para el cálculo de dichos volúmenes dentro de los métodos usados es el método de los perfiles transversales que genera secciones en tangentes cada 20 m y en las curvas cada 10 m. A continuación, una sección transversal realizada mediante el software CIVIL CAD 3D.

Figura 20

Sección transversal en terraplén abscisa 0+180.00 m



Elaborado por: Autores, 2021.

A partir de las secciones generadas se puede observar, si es necesario realizar cortes totales, a media ladera o terraplén; a su vez puede haber secciones transversales combinadas. A continuación, se presenta en la tabla los volúmenes calculados:

Tabla 44*Cálculo de áreas y volúmenes del proyecto (0+000.00 m - 0+700.00 m)*

Abscisa	Área de Relleno (m²)	Área de Corte (m²)	Volumen de Relleno (m³)	Volumen de Corte(m³)	Vol. Acumulable de Relleno (m³)	Vol. Acumulable de Corte (m³)	Volumen neto (m³)
0+000.00	0.00	6.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	11.81	0.00	182.24	0.00	182.24	182.24
0+040.00	0.00	14.35	0.00	261.62	0.00	443.86	443.86
0+060.00	0.00	22.42	0.00	367.70	0.00	811.56	811.56
0+080.00	0.00	18.84	0.00	412.62	0.00	1224.17	1224.17
0+100.00	0.04	9.39	0.43	282.28	0.43	1506.45	1506.02
0+120.00	11.86	1.24	118.99	106.27	119.42	1612.71	1493.29
0+130.00	19.67	0.35	164.45	7.69	283.87	1620.40	1336.53
0+140.00	19.90	0.27	205.57	3.00	489.44	1623.40	1133.96
0+160.00	24.97	0.00	448.77	2.69	938.21	1626.10	687.88
0+180.00	68.03	0.00	930.03	0.00	1868.24	1626.10	-242.15
0+200.00	99.30	0.00	1673.29	0.00	3541.53	1626.10	-1915.44
0+220.00	24.89	0.00	1241.86	0.00	4783.39	1626.10	-3157.30
0+240.00	0.00	12.87	248.85	128.66	5032.25	1754.75	-3277.50
0+260.00	0.00	42.41	0.00	552.73	5032.25	2307.48	-2724.77
0+280.00	0.00	90.98	0.00	1333.87	5032.25	3641.35	-1390.90
0+300.00	0.00	93.67	0.00	1846.45	5032.25	5487.81	455.56
0+320.00	0.00	61.86	0.00	1555.26	5032.25	7043.06	2010.81
0+330.00	0.00	58.46	0.00	602.66	5032.25	7645.72	2613.47
0+340.00	0.00	57.90	0.00	584.21	5032.25	8229.93	3197.68
0+360.00	0.00	59.89	0.00	1180.20	5032.25	9410.12	4377.88
0+380.00	0.00	100.44	0.00	1603.29	5032.25	11013.41	5981.16
0+400.00	0.00	188.40	0.00	2888.37	5032.25	13901.78	8869.53
0+420.00	0.00	250.78	0.00	4391.78	5032.25	18293.57	13261.32
0+440.00	0.00	304.44	0.00	5552.17	5032.25	23845.73	18813.48
0+460.00	0.00	335.82	0.00	6402.63	5032.25	30248.37	25216.12
0+480.00	0.00	374.14	0.00	7099.66	5032.25	37348.02	32315.77
0+500.00	0.00	394.58	0.00	7687.26	5032.25	45035.28	40003.03
0+520.00	0.00	389.27	0.00	7838.51	5032.25	52873.78	47841.54
0+530.00	0.00	392.05	0.00	3906.60	5032.25	56780.39	51748.14
0+560.00	0.00	440.08	0.00	8499.96	5032.25	69275.16	64242.92
0+580.00	0.00	440.77	0.00	8808.56	5032.25	78083.73	73051.48
0+600.00	0.00	409.61	0.00	8503.84	5032.25	86587.57	81555.32
0+620.00	0.00	415.14	0.00	8247.47	5032.25	94835.04	89802.79
0+640.00	0.00	432.58	0.00	8477.19	5032.25	103312.22	98279.97

Elaborado por: Autores, 2021.

Abscisa	Área de Relleno (m ²)	Área de Corte (m ²)	Volumen de Relleno (m ³)	Volumen de Corte (m ³)	Vol. Acumulable de Relleno (m ³)	Vol. Acumulable de Corte (m ³)	Volumen neto (m ³)
0+660.00	0.00	452.15	0.00	8847.31	5032.25	112159.53	107127.28
0+680.00	0.00	521.49	0.00	9736.38	5032.25	121895.91	116863.66
0+700.00	0.00	575.33	0.00	10968.20	5032.25	132864.11	127831.86

Elaborado por: Autores, 2021.

Se presenta a continuación el valor total de los volúmenes de corte y relleno del proyecto:

Tabla 45

Cálculo de áreas y volúmenes del proyecto

Abscisa	Área de Relleno (m ²)	Área de Corte (m ²)	Volumen de Relleno (m ³)	Volumen De Corte (m ³)	Vol. Acumulable de Relleno (m ³)	Vol. Acumulable de Corte (m ³)	Volumen neto (m ³)
1+260.44	0.00	7.28	0.00	3.34	5032.25	256719.09	251686.84

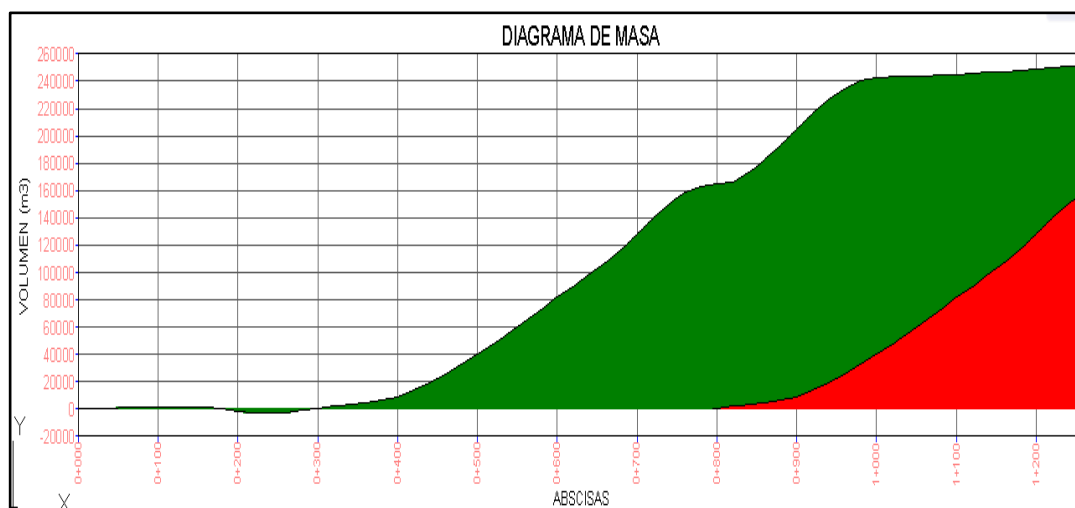
Elaborado por: Autores, 2021.

5.8.1 Diagrama de Masas

En el siguiente diagrama presentado se puede observar los puntos mínimos de la curva que indican cambios de terraplén en mínima proporción a corte a lo largo de todo abscisado en base a los volúmenes calculados.

Figura 21

Diagrama de Masa



Elaborado por: Autores, 2021.

5.8.2 Ubicación Escombreras

Para el presente proyecto es importante destacar que no se encuentran escombreras autorizadas en el sector de la Comunidad San Vicente de Andoas o cercanas a la misma, por esta razón, se opta por depositar el material desalojado en botaderos a cielo abierto que cuentan con la suficiente capacidad.

Tabla 46

Ubicación de quebradas y botaderos

Descripción	Coordenada		Distancia al Proyecto (km)
	Norte	Este	
Quebrada 1	8600	722683	2.76
Quebrada 2	8509	722752	2.54
Botadero 1	7922	725223	0.53

Elaborado por: Autores, 2021.

Figura 22

Ubicación de Quebradas y botaderos



Elaborado por: Autores a través Google Earth Pro

CAPÍTULO VI

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

6.1 Introducción

El presente estudio nos permitirá identificar la situación actual del terreno donde se prevé implementar la vía, es de suma importancia obtener todas las características geológicas del suelo, en caso de encontrarse en pésimas condiciones afectará económicamente al proyecto, así también a la vida útil de la vía. Por esta razón, se realizó ensayos basados en las normativas vigentes, con el fin proponer un diseño óptimo y económico.

6.2 Normativa

El presente estudio se rige a las normas vigente tanto nacional como Internacional para el análisis geológico y estudios de suelos como son:

- ASTM (American Society for Testing and Materials)
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)
- NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción
 - NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones
 - NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico.

6.3 Características geotécnicas del terreno

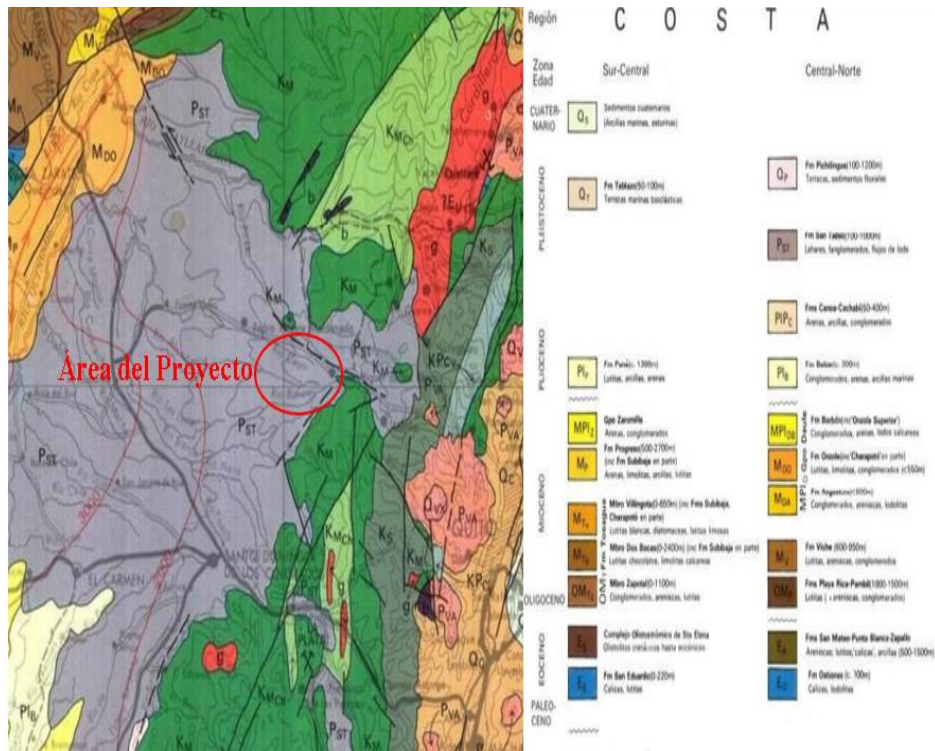
6.3.1 Origen geológico- geotécnico

Para el presente estudio se obtiene información del (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019), y se obtiene que la Comunidad San Vicente de Andoas se encuentra sobre el Gran Cono Tabular de la Llanura Costera que se caracteriza por mostrar una estrecha asociación entre las superficies superiores y las disecciones realizadas por la red hidrográfica.

Que abarcan todos los ríos importantes y las arterias secundarias. entre los principales se tiene el caso de los Ríos Achote, Achotillo, Caoní, Silanche, Cabuyal y Pizará. Además, pertenece a la formación San Tadeo que litológicamente está formada por flujos piroclásticos, conglomerados volcánicos consolidados y no consolidados con matriz limo-arcillosa y areno limosa. (pág. 3)

Figura 23

Mapa geológico del Ecuador - Esc: 1: 1 000 000



Fuente: Sistema nacional de información (SIN)

Clasificado dentro de esta formación como un: Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 10

Estos suelos se encuentran ubicados en el tipo de la forma de relieve denominada superficie cono de deyección antiguo en pendientes del 25 a 40 %, pertenecientes a relieves mediana a fuertemente disectados.

Clasificados en el orden de los Andisoles, son de texturas francas, drenaje natural bueno donde existe fácil eliminación del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos profundos (> a 100cm de profundidad). (Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013, pág. 32).

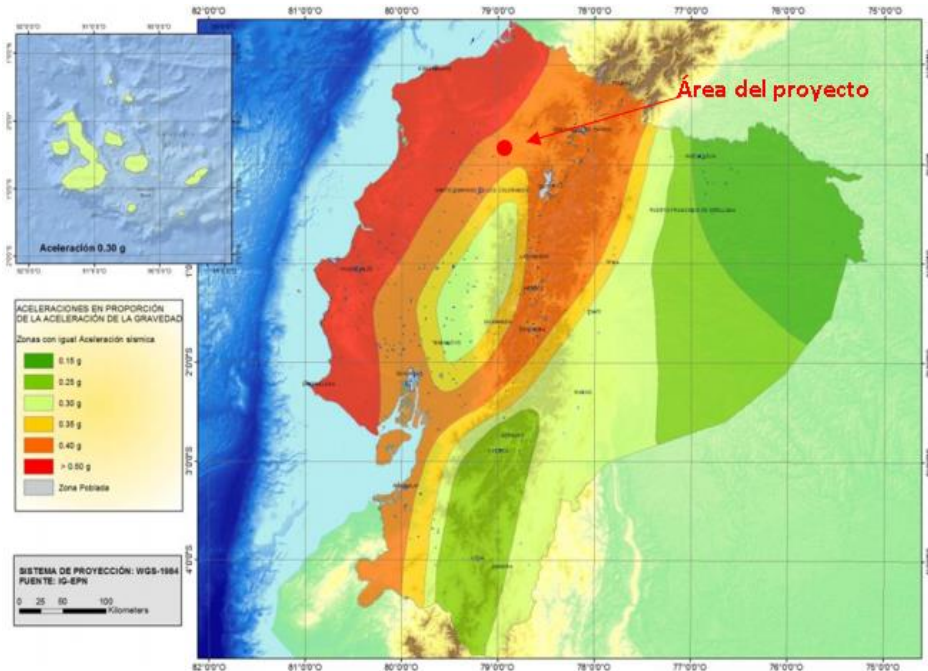
6.4 Susceptibilidad a Riesgos Naturales

6.4.1 Amenaza Sísmicas

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta. Para determinar en qué zona se encuentra nuestro proyecto se hace uso del mapa que proporciona la Norma Ecuatoriana de la Construcción, específicamente la de cargas sísmicas que está en función del valor de Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (NEC-SE-DS, pág. 27).

Figura 24

Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z



Fuente: Norma de Cargas Sísmicas- Diseño Sismo Resistente. (NEC-SE-DS)

Para facilitar la obtención de dicho valor la Norma presenta la siguiente tabla de poblaciones ecuatorianas asignadas con el factor de zona (z), perteneciente al lugar del proyecto propuesto.

Tabla 47

Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Factor de zona (Z)
Pedro Vicente Maldonado	Pedro Vicente Maldonado	Pedro Vicente Maldonado	Pichincha	0.40

Fuente:(Norma de Cargas Sísmicas -Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, pág. 28)

Con este valor definido se puede afirmar que se encuentre en zona V, correspondiente a una caracterización de tipo Alta. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 48

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>=0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente:(Norma de Cargas Sísmicas -Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, pág. 28)

6.4.2 Amenaza Volcánica

“La probabilidad o el nivel de amenaza en el área del proyecto es de categoría baja, pero se debe tomar en cuenta sus alrededores que existen zonas rojas de muy alta amenaza”. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 239).

Tabla 49

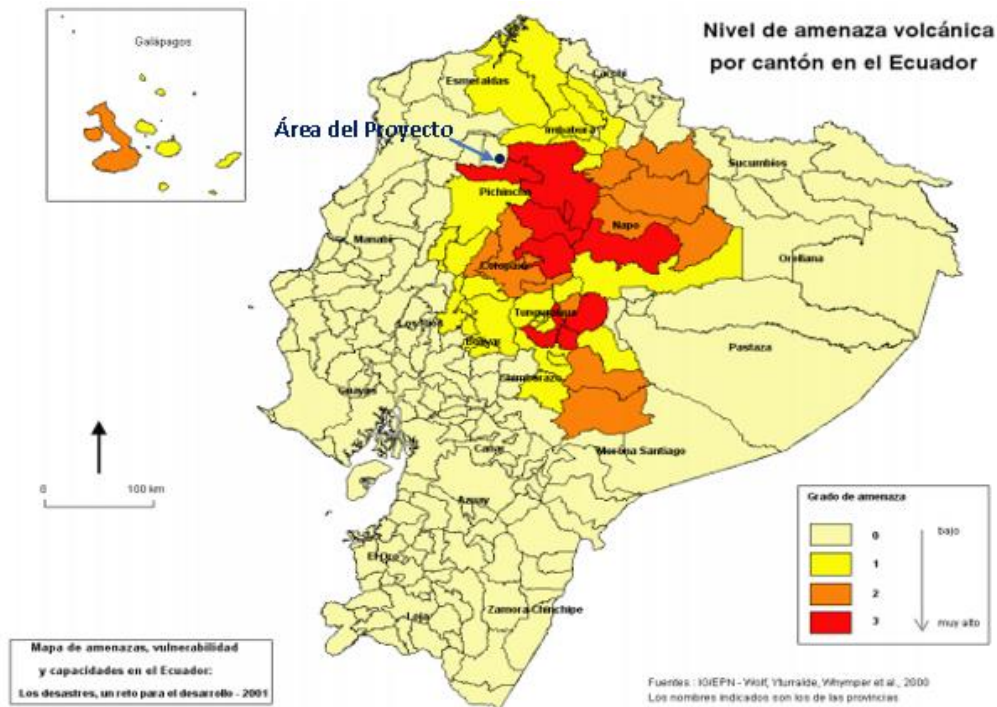
Descripción de amenazas Naturales

Amenaza Naturales	Ubicación	Ocurrencia
Volcánica	Norte del GAD (ceniza)	Alta
Terremoto	Todo el GAD	Media
Tsunami	Nivel costanero	Baja

Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 39)

Figura 25

Nivel de amenaza volcánica por cantón del Ecuador



Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 39)

6.4.3 Amenaza a Inundaciones

En el mapa de inundaciones del cantón, se observa, que al interior del cantón no se encuentran ríos de gran caudal, la mayor parte del territorio tiene una susceptibilidad casi nula de verse afectada por procesos de inundación (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 158).

Es así como la mayor susceptibilidad de afectación por procesos de inundación se encuentra dentro del Recinto de San Isidro, cercana al río Guadalupe. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 159).

En el siguiente mapa se observa de la baja probabilidad a deslizamientos e inundaciones en el área del proyecto:

6.5.1 Exploración y Muestreo de Suelos

6.5.1.1 Fase Pre-Campo. Se realizó una socialización con él en cargado de la Comunidad de San Vicente de Andoas, el Sr. Lautaro Basantes y la Sra. Mélida Jami; como representantes de los propietarios de los terrenos donde se realizará la vía, con el fin de obtener los permisos para la excavación manual de las calicatas y poder extraer muestras representativas de la subrasante para su análisis.

6.5.1.2 Fase de Campo. El trabajo de campo se lo efectuó a lo largo de los 1+260.44 m de estudio de la vía propuesta, inicialmente se identificaron mediante normativa la ubicación de los sondeos para continuar con la excavación manual de las calicatas 1 ,2 y 3 cada 500 m de separación de acuerdo con la Norma NTP 339.162 ASTM D420 - para calicatas y trincheras. Las muestras fueron extraídas a profundidades de 0.5 - 1.00 m.

Posterior a obtener dichas muestras cada una fue identificada por un tablero con sus características detallando numeración, nombre del proyecto, ubicación y tipo de Ensayo. Seguidamente las muestras fueron embaladas, con el fin de no perder su humedad natural para su traslado al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la empresa “ECUASOIL”.

A continuación, se presenta la tabla de coordenadas y tipo de ensayo a realizarse para cada uno de los sondeos:

Tabla 50

Ubicación de Sondeos

N.º Calicata	Ensayo	Norte (m)	Este (m)	Abscisa
C1	CBR	6959.00	724633.00	1+260.00
C2	DCP	7540.90	724783.01	0+630.00
C3	CBR	8124.16	724781.29	0+045.00

Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Figura 27

Ubicación de los Sondeos



Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

6.5.1.3 Fase de laboratorio. Se hace uso de las muestras obtenidas representativas, para realizar el ensayo de identificación y clasificación (SUCS) y previos ensayos:

✓ **Humedad Natural ASMT D-2216**

Según (Montejo, 2008) , expresa que este ensayo no sólo permite definir a priori el tratamiento a darle, durante la construcción, sino que también permite estimar su posible comportamiento, como subrasante, pues, si el contenido natural de agua de un suelo está próximo límite líquido, es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo y si, por el contrario, el contenido de agua es cercano al límite plástico, puede anticiparse que el suelo presentará un buen comportamiento (pág. 62)

✓ **Límites de Atterberg (líquido y plástico) ASTM D-4318**

El límite plástico se define como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad. En este estado, el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento. Para contenidos de humedad mayores que el límite plástico se presenta una caída muy pronunciada en la estabilidad del suelo).

El límite líquido es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir. El cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, e indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico antes de cambiar al estado líquido. (Montejo, 2008, pág. 63)

✓ **Análisis granulométrico ASTM D-422.**

Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo. Existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. Por ejemplo, para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. (Montejo, 2008, pág. 63)

✓ **Clasificación de suelos SUCS**

Esta práctica describe un sistema para clasificación mineral y orgánica-mineral de suelos para propósitos de ingeniería basados en determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa. (American Society of Testing Materials ASTM D 2487 - 03, 2006).

▪ **Clasificación de suelos AASHTO**

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8. (Montejo, 2008, pág. 44) .

6.5.1.3.1 Resultados de laboratorio. Se presenta a continuación la tabla resumen de los ensayos mencionados anteriormente realizados para cada una de las muestras extraídas. Para más detalle se adjunta el **ANEXO N°3: Estudio de Suelo ECUASOIL -Ensayos de laboratorio.**

Tabla 51*Resumen Ensayos Clasificación SUCS -AASHTO*

	Calicata 1 (1+260.00)		Calicata 2 (0+630.000)		Calicata 3 (0+045.00)	
	N:	E:	N:	E:	N:	E:
Coordenadas	6959.00	724633.00	7540.90	724783.01	8124.16	724781.29
Profundidad (m)	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
Humedad Natural (%)	102.45	71.95	73.03	64.65	77.22	39.58
Limite Líquido (%)	113.10	76.23	81.46	66.47	95.60	0.00
Índice Plástico	39.39	21.09	28.92	16.79	29.94	0.00
Índice de Grupo	19.80	16.40	19.60	14.70	20.00	2.60
	Granulometría (ASTM D422)					
3"	100	100	100	100	100	100
4	99	100	100	100	100	100
10	99	99	100	100	100	100
40	98	94	93	92	94	98
200	74	79	81	79	82	48
Clasificación SUCS			MH			SM
Clasificación AASHTO			A-7-5			A-4

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: ECUASOIL, laboratorios de Suelos 2021.

6.5.2 Naturaleza y distribución de unidades Geotécnicas

A partir de los resultados de campo y laboratorio obtenidos, se identificó la existencia de una sola unidad geotécnica o estrato de subsuelo de similares características geomecánicas, hasta la profundidad sondeada de (-1.00m).

Esta unidad geotécnica está formada por la mezcla de un suelo de grano fino, tipo cohesivo, caracterizado principalmente por LIMOS ARCILLOSOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD (MH) y en menor porción por ARENA FINA LIMOSA (SM), contenidas en una matriz arcillosa; su olor característico – inorgánico, de color café claro, tonalidad amarillenta a rojiza, de consistencia blanda a mediana, plasticidad alta, humedad media a alta. (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021).

6.5.3 Nivel freático

Para el presente estudio no se identificó la presencia de nivel freático y aguas subterráneas, hasta la profundidad sondeada, por esta razón, se descarta la posibilidad de afectaciones a estos medios hídricos producto de la construcción de la vía de acceso. (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021).

6.5.4 Perfil estratigráfico.

Mediante correlaciones de los ensayos de campo y laboratorio; se determinó el siguiente perfil estratigráfico, donde el estrato representativo a lo largo de los 1+260.00km de vía en sentido longitudinal corresponde a suelos de grano fino, por esta razón, se considera como un suelo cohesivo para el análisis de la capacidad de carga admisible del suelo. (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021).

Figura 28

Perfil estratigráfico Calicata

Estratos	Profundidad	Descripcion de la Unidad
	0.00 m 0.50 m 1.00 m	Suelo de grano fino, tipo cohesivo, caracterizado principalmente por LIMOS ARCILLOSOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD (MH) y en menor porción por ARENA FINA LIMOSA (SM), contenidas en una matriz arcillosa; su olor característico – inorgánico, de color café claro, tonalidad amarillenta a rojiza, de consistencia blanda a mediana, plasticidad alta, humedad media a alta.

Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

6.5.5 California Bearing Ratio (CBR)

Según (Montejo, 2008), “El CBR se expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida” (pág. 64).

Como complemento a los ensayos de campo y laboratorio; se tomó muestras representativas de las excavaciones a cielo abierto (calicatas), se realizaron las pruebas correspondientes a la clasificación manual – visual SUCS y mediante correlaciones del Ensayo de Cono de Penetración Dinámico DCP se obtuvo los parámetros del ensayo CBR (Relación de Soporte California – ASTM D 1883).

A partir de los ensayos de laboratorio se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 52

Resumen resultados de ensayos CBR

N.º. Calicata	Ensayo	N.º. Ensayo	CBR	N	CBR. Ord.	(%)
1	DCP	1	4.62	3	4.62	100
2	CBR	2	22.06	2	16.09	66.7
3	CBR	3	16.09	1	22.06	33.3

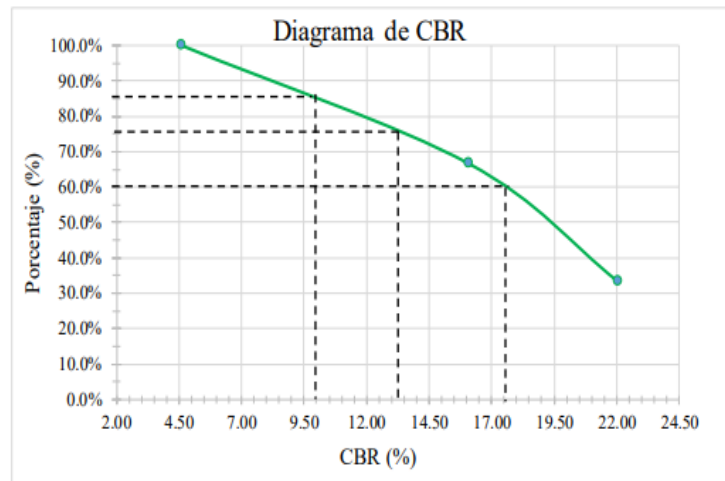
Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Ver ANEXO N° 4: Estudio de Suelo ECUASOIL- Ensayos de laboratorio DCP.

Se realiza la Interpretación de los resultados obtenidos como se puede apreciar en la siguiente tabla adjunta, el valor del CBR de diseño es $CBR = 10.0\%$ (Valor equivalente al percentil No. 85).

Figura 29

Resultados de CBR para el N° total de calicatas



Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Tabla 53

CBR de diseño en función del DCP de campo y el CBR de laboratorio

Percentil	CBR de Diseño (%)
60	17.5
75	13.2
85	10.00

Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Este resultado cumple a una subrasante REGULAR A BUENA, según la siguiente tabla:

Tabla 54

Clasificación de la Subrasante en función del CBR

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante Muy Mala
5-10	Subrasante Mala
10-20	Subrasante Regular A Buena
20-30	Subrasante Muy Buena
30-50	Sub Base Buena
50-80	Base Buena
80-100	Base Muy Buena

Fuente: (ASTM D - 1883, 2006)

Ver ANEXO N° 5: Estudio de Suelo ECUASOIL- Ensayos de laboratorio CBR.

6.5.6 Módulo Resiliente (*Mr*)

(Montejo, 2008), menciona que: “Este módulo se analiza cuando se presentan esfuerzos cíclicos de tensión y compresión (cargas vehiculares) sobre el pavimento, con ello involucra deformaciones y agrietamientos permanentes”. (pág. 64).

Para el cálculo del módulo Resiliente (*Mr.*) de la subrasante, se realizó la función de los CBR de diseño equivalente al percentil No. 85%. La norma (AASHTO, 1993) que establece las siguientes ecuaciones para determinar el módulo Resiliente (*Mr*).

$$MR(PSI) = 1500 * CBR (PSI) \quad CBR \leq 7.2\%$$

$$MR(PSI) = 3000 * CBR^{0.65} (PSI) \quad 7.2\% < CBR \leq 20\%$$

$$MR(PSI) = 436 * \ln CBR + 241 (PSI) \quad CBR > 20\%$$

Reemplazando valores con un CBR de diseño del 10 % se obtiene:

$$MR(PSI) = 3000 * CBR^{0.65} (PSI)$$

$$MR(PSI) = 3000 * 10^{0.65} (PSI)$$

$$MR(PSI) = 13400.51 (PSI)$$

6.6 Estabilidad de Taludes

Dar estabilidad a los taludes que influyen directamente en la carretera no se trata solo de buena visibilidad, sino de garantizar tanto el uso, durabilidad y seguridad de la misma. Previo a estudios de suelos realizados y la topografía existente se debe tomar en cuenta las mejores condiciones de estabilidad, debido a que también debe ser económicamente viable.

En base a la caracterización del tipo de suelo obtenido de tipo montañoso a ondulado, la Normativa (MOP, 2003) menciona:

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. (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, pág. 235)

6.6.1 Normativa

Ensayo Triaxial AASHTO T296-94

6.6.2 Trabajo en Campo

Se realiza la visita en campo para la toma de muestras, que fueron extraídas en el margen derecho del brazo de río Andoas, porque presentan una altura aproximada de 18 m desde la altura del río hasta superficie horizontal del Terreno que actualmente se encuentra.

Figura 30

Toma de Muestra del Ensayo Triaxial



Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Para el análisis de los taludes, ya definido el diseño geométrico horizontal y vertical; se prevé que los sitios más críticos que presentan cortes están en los tramos de las abscisas 0+480.00 m hasta 0+780.00 m y 0+820.00 m hasta 0+940.00 m ya que cuentan con una altura mayor a los 10 m.

6.6.3 Fase de Laboratorio

La prueba consiste en colocar una muestra de suelo confinada por una membrana de caucho en una cámara de Lucita y luego se aplica una presión de confinamiento (σ_3) alrededor de la muestra mediante un fluido en la cámara (por lo general, agua o glicerina). También se puede aplicar un esfuerzo agregado ($\Delta\sigma$) a la muestra en la dirección axial para causar la falla ($\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$ a la falla). Puede permitirse el drenaje de la muestra o detenerse, dependiendo de la condición de la prueba. (Braja M, 2011, pág. 49)

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del ensayo de laboratorio realizado para la muestra obtenida en campo. Es importante mencionar que no se encuentra nivel freático.

Tabla 55

Resultados Ensayos Triaxial

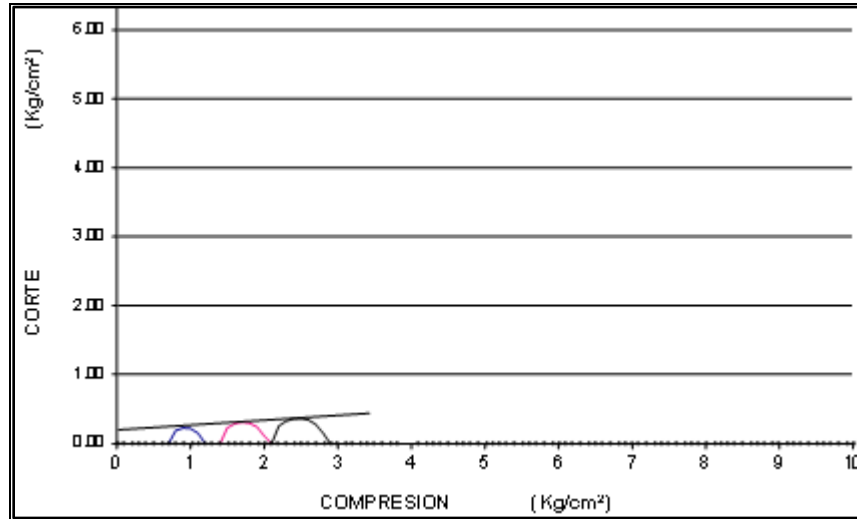
Prueba	Presión de Cámara	Esfuerzo Desviador	Esfuerzo Principal	Centro	Radio
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0.70	0.46	1.16	0.93	0.23
2	1.40	0.62	2.02	1.71	0.31
3	2.10	0.73	2.83	2.47	0.37

Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Mediante el análisis del gráfico de los círculos de Mohr, se obtiene que es el estado de esfuerzos totales, la cohesión tiene un valor aproximado de 0,21 kg/cm² y un ángulo de fricción interna de 4 °. Ver **ANEXO N°6: Estudio de Suelo ECUASOIL- Ensayo de laboratorio Triaxial.**

Figura 31

Resultados de Laboratorio - Circulo de Mohr



Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Tabla 56

Resultado Ensayo Triaxial

Cohesión (Kg/cm²)	Ángulo de fricción (°)
0.21	4

Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Con el valor del ángulo de fricción menor a 15° se podría clasificar como arcilla suave según la siguiente tabla como una arcilla limosa.

Tabla 57.

Peso Unitario y Ángulo de Fricción Interna de algunos Suelos

Tipo de terreno	w(kg/m³)	ϕ (°)
Arcilla suave	1440 a 1920	0° a 15°
Arcilla media	1600 a 1920	15° a 30°
Limo seco y suelto	1600 a 1920	27° a 30°
Limo denso	1760 a 1920	30° a 35°
Arena suelta y grava	1600 a 2100	30° a 40°
Arena suelta y grava	1920 a 2100	25° a 35°
Arena suelta, seca y bien graduada	1840 a 2100	33° a 35°
Arena suelta, seca y bien graduada	1920 a 2100	42° a 46°

Fuente: (Precursores de la Ingeniería Geotécnica, 2012)

6.6.4 Cálculo de Talud de Corte y Relleno

El ángulo de reposo crítico según la teoría de Rankine menciona que la resistencia cortante de un suelo (S) depende de factores como la cohesión, ángulo de fricción esfuerzos laterales, peso específico y condiciones de drenaje del suelo mediante las siguientes ecuaciones.

$$\theta = 45 + \frac{\phi}{2}$$

$$S = c + \sigma' \tan \phi$$

Donde:

c = cohesión (N/m²)

ϕ = Ángulo de fricción (°)

σ' = Esfuerzo normal efectivo (Pa)

θ = Ángulo de reposo crítico (°)

Esta simplificación se hace por lo complicado de los ensayos necesarios para determinar el ángulo de fricción crítico (ϕ) comparado con los métodos para obtener (reposo), para una estimación directa de dicho ángulo. (Braja M, 2011, pág. 325)

✓ Recomendaciones generales para alturas en taludes de relleno y corte.

Tabla 58.

Alturas recomendadas para talud de corte

Talud de Corte	
Altura de corte (m)	H: V
<4	0.8:1 a 1:1
4 - 10	1.2:1 a 1.5: 1
>10	1:1 a 1.2:1

Elaborado por: Autores. Fuente: (Suarez, 2009)

Tabla 59.*Alturas recomendadas para talud de relleno*

Talud de Relleno	
Altura de Relleno (m)	H: V
<6	1.5:1 a 1.8:1
6 - 10	2:1
>10	1:1

Elaborado por: Autores. Fuente: (Suarez, 2009)

Aplicando la ecuación ya mencionada, en base a la recomendación de alturas en taludes de corte y relleno se toma el valor de 1: 1 para el análisis de estabilidad:

Tabla 60*Cálculo de Talud*

N.º	Angulo Fricción (°)	$\theta = 45 + \phi/2\theta$	Valor Talud X	$Y=X*\tan \theta$	Talud (H: V)
1	4	47	1	1	1:1

Elaborado por: Autores, 2021.

6.6.6 Factor de Seguridad

6.6.6.1 Método de Bishop. El método propuesto por Bishop en 1955 analiza la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre Dovelas. Al tratarse de un método de dovelas, la masa del suelo deslizante debe ser dividida en n franjas verticales de manera de estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso (Sanhueza Plaza & Rodriguez Cifuentes, 2013).

$$FS = \frac{\sum [c * b + W_n * \tan(\phi)] * \frac{1}{m \alpha_n}}{\sum W_n * \text{Sen}(\alpha_n)}$$

$$m \alpha_n = \cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \text{Sen}(\alpha_n)}{FS}$$

Donde:

c: Cohesión

\emptyset : ángulo de fricción interna del suelo

b: ancho de la tajada

W: peso de la tajada

Se realiza el cálculo del factor de seguridad para el talud de la abscisa 0+720.00 m:

Tabla 61

Datos del talud crítico abs 0+720.00

Material del Suelo		Geometría	
Angulo de rozamiento (°)	4.00	Angulo de talud (°)	45.00
cohesión (kPa)	20.59	Altura de talud (m)	24.00
Peso Específico (kN/m ³)	17.00		

Elaborador por: Autores, 2021. Fuente: Simple Slope

Tabla 62

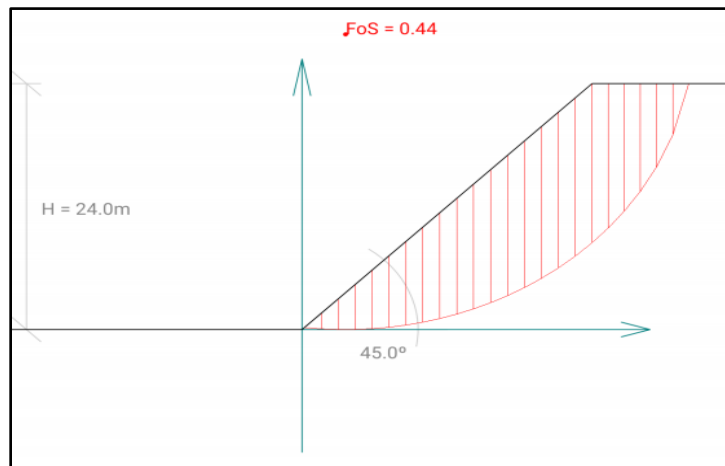
Resultados Estabilidad

Factor de Seguridad	0.44
Superficie de Desplazamiento	
Centro (m; m)	3.6; 28.8
Radio (m)	28.8
Preferencias	
Profundidad mínima de cortes	0.1

Elaborador por: Autores, 2021. Fuente: Simple Slope

Figura 32

Método de Bishop Abs 0+720.00 m



Fuente: Simple Slope

Tabla 63*Cálculo de las Fuerzas de empuje y resistencia*

Rebanada	Superficie (m2)	Peso incl. Carga Sísmica (kN)	Incl. Base (°)	Empujando Fuerza (kN)	Resistiendo Fuerza(kN)	Sustentación Agua Fuerza (kN)
1	1.07	21.00	-5.38	-1.71	30.69	0.00
2	3.17	53.86	-2.59	-2.43	32.86	0.00
3	5.17	87.87	0.20	0.31	34.95	0.00
4	7.07	120.26	2.99	6.27	36.98	0.00
5	8.88	151.02	5.78	15.22	38.96	0.00
6	10.60	180.14	8.59	26.91	40.91	0.00
7	12.21	207.57	11.42	41.10	42.84	0.00
8	13.72	233.28	14.28	57.53	44.77	0.00
9	15.13	257.21	17.17	75.94	46.70	0.00
10	16.43	279.28	20.11	96.04	48.66	0.00
11	17.61	299.39	23.11	117.51	50.67	0.00
12	18.67	317.41	26.18	140.02	52.73	0.00
13	19.60	333.17	29.33	163.18	54.88	0.00
14	20.38	346.49	32.58	186.56	57.16	0.00
15	21.00	357.08	35.95	209.63	59.58	0.00
16	21.45	364.60	39.47	231.79	62.23	0.00
17	21.68	368.56	43.19	252.24	65.16	0.00
18	19.74	335.65	47.00	245.48	63.79	0.00
19	17.69	300.72	47.00	219.93	60.72	0.00
20	15.29	259.98	47.00	190.14	57.16	0.00
21	12.42	211.15	47.00	154.43	52.88	0.00
22	8.79	149.35	47.00	109.23	47.46	0.00
23	3.36	57.18	47.00	41.82	39.39	0.00
SUMA		5289.41		2577.15	1122.11	

Elaborador por: Autores,2021. Fuente: Simple Slope

Con los valores calculados de H: V (1:1) se observa que el tipo de suelo tiene un alto riesgo de falla. Por esta razón, se diseñó con los valores mínimos de corte H: V (1/4: 1) según la Normativa MOP, 2003. Se debe estabilizar los taludes con escalones, con altura de bermas de 4 m y ancho de 5.00 m; medidas que son necesarias al tener cortes de gran altitud para generar mayor estabilidad y seguridad en la zona. También se recomienda añadir para la estabilización métodos alternos como hormigón proyectado o geo-sintéticos.

6.7 Fuente de Materiales

Para el diseño de la estructura de pavimento que se propone, identificar las características de los materiales existentes disponibles influye en calidad y capacidad que garantizará la vida útil de la vía. A continuación, se presenta las características de la mina seleccionada para este estudio, la misma que se encuentra en debido funcionamiento y cuenta con su respectiva licencia ambiental.

Tabla 64

Mina de Lastre- ubicación y características

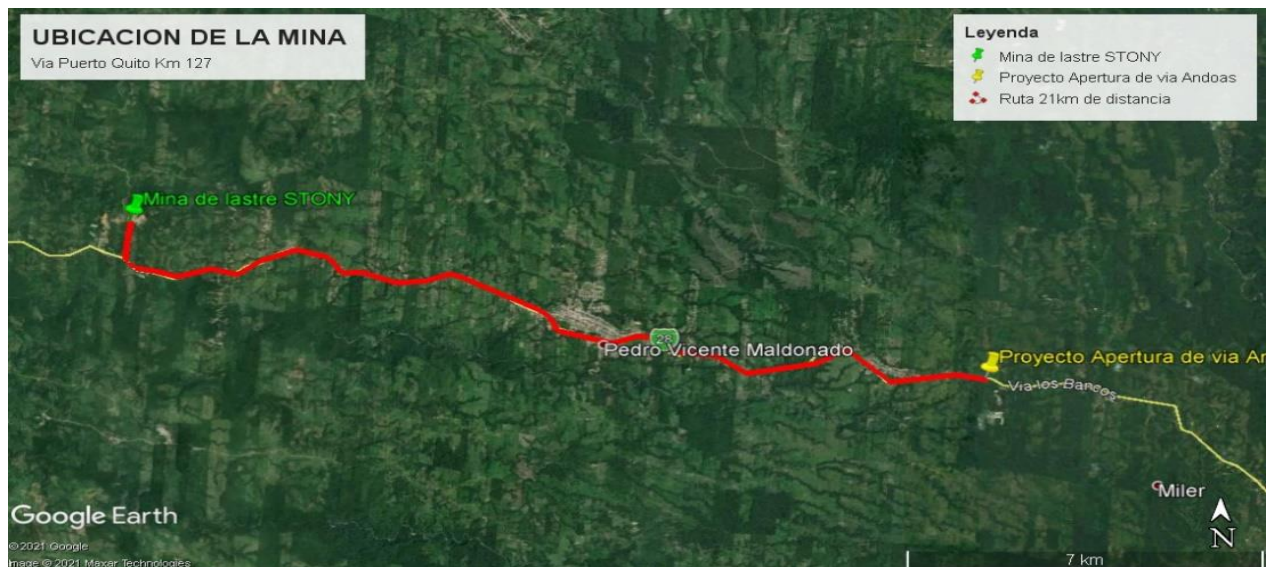
Nombre	Ubicación	Coordenadas		Distancia al Proyecto
Mina de lastre "STONY"	Parroquia Pedro Vicente Maldonado Vía Puerto Quito Km 127	12156.16 m N	707448.31 m E	21 km

Elaborado por: Autores, 2021.

6.7.1 Ubicación de la Mina

Figura 33

Ubicación de la Mina



Elaborado por: Autores. a través Google Earth Pro.

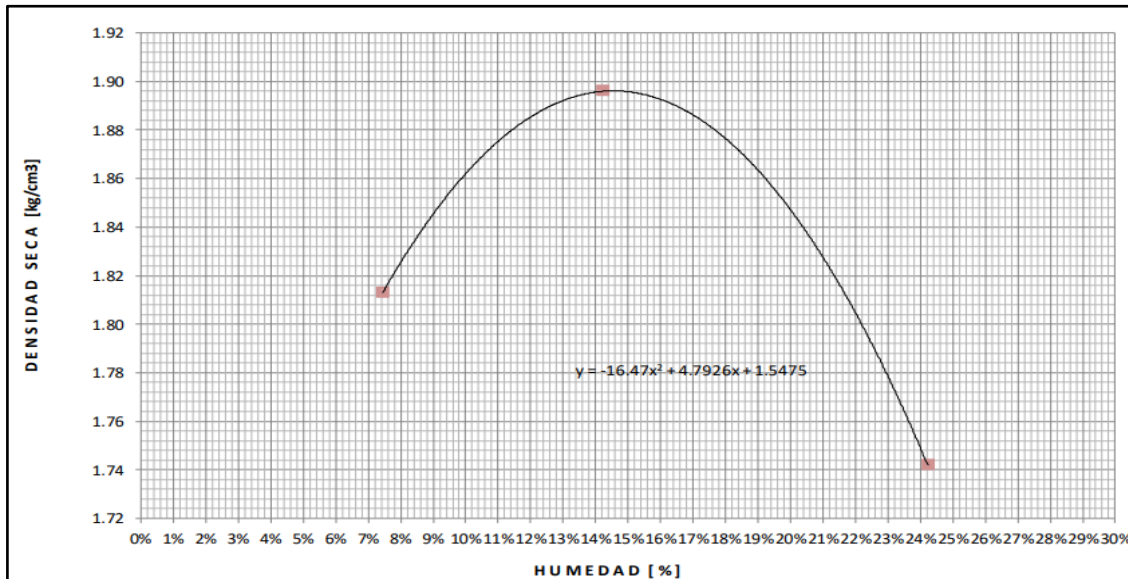
6.7.2 Fase de laboratorio

Al tomar en cuenta en la magnitud del proyecto se establece a la mina de Lastre “Stony” como fuente de abastecimiento de material, porque cumple con los requerimientos y se analiza tanto reducción de costes en transporte, así como también la calidad del material para la obra, por esta razón, se toma muestras en la mina para llevar a cabo el ensayo de Proctor de compactación modificado rigiéndose a la Normativa AASHTO T 180-754.

A continuación, los resultados:

Figura 34

Densidad Seca vs Humedad



Fuente: (ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2021)

Tabla 65

Resultados Proctor Modificado del material de la Mina

Densidad Máxima (g/cm3)	1.896
Humedad Óptima (%)	14.55

Elaborado por: Autores, 2021.

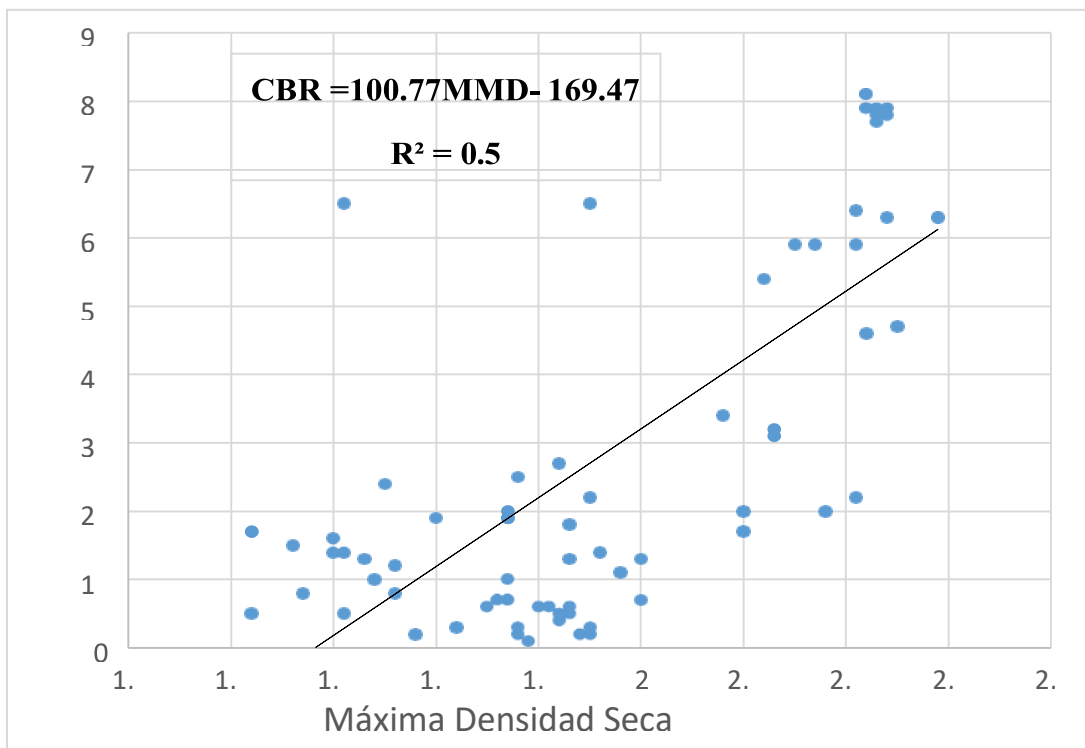
En base a los resultados obtenidos y mediante las correlaciones del CBR existentes relacionadas con cada parámetro del suelo se obtiene:

6.7.2.1 Correlación con la Densidad máxima seca. La influencia de este parámetro con el CBR, puede deberse a que mientras más denso sea un suelo (granular) habrá más contacto entre sus partículas, lo que genera mayor resistencia del suelo y por ende mayor valor del CBR. (Araujo, 2014, pág. 14).

A continuación, se presenta la siguiente correlación que presenta el Autor:

Figura 35

Análisis de Regresión entre Máxima densidad Seca (MMD) y el CBR.



Fuente: (Araujo, 2014, pág. 40)

Según (Araujo, 2014), Para valores MDD entre 1.5 a 2 g/cm³ se observa que la ecuación aplica mejor para suelos arenosos y limosos (error menor al 50%) que para suelos arcillosos (mayor al 50%) (pág. 39).

Para el cálculo del valor del CBR se obtiene mediante la siguiente formula:

$$CBR = 100.77 MMD - 169.47$$

$$CBR = 100.77 (1.896) - 169.47$$

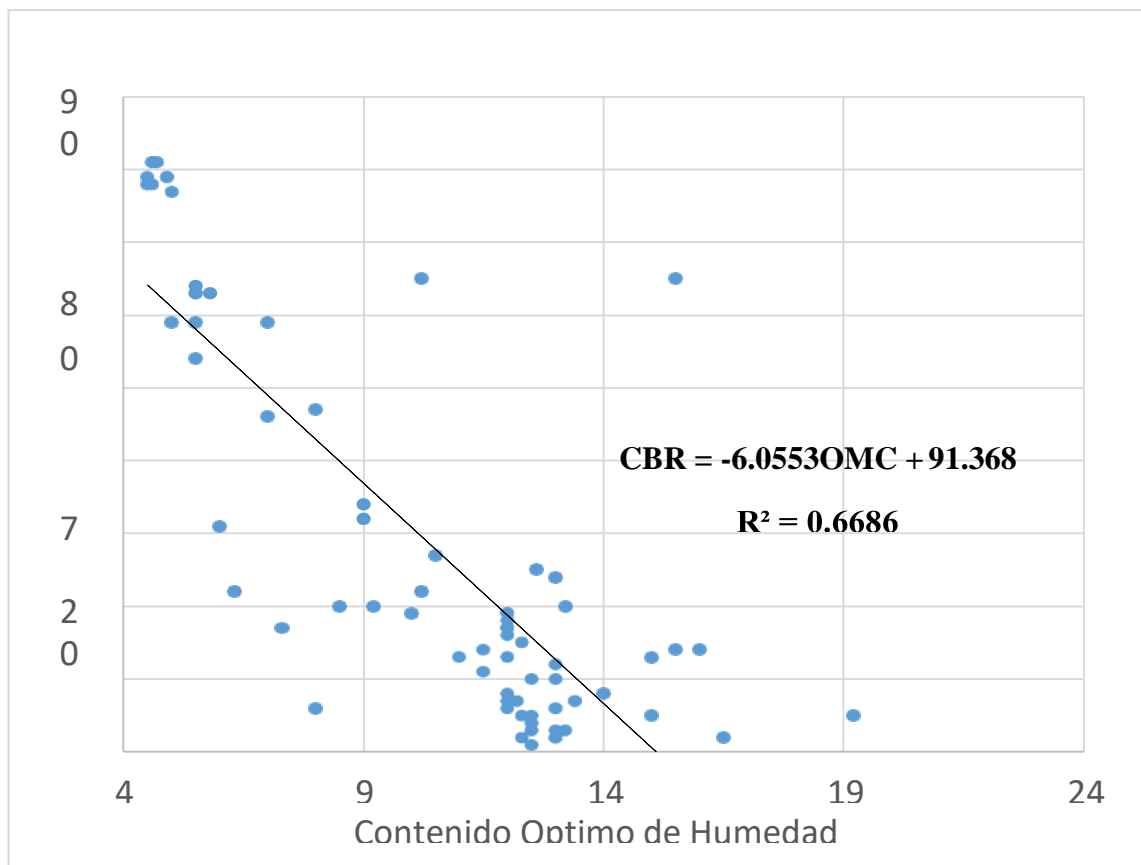
$$CBR = 21 \%$$

6.7.2.2 Correlación con el Óptimo Contenido de Humedad. La influencia de este parámetro con el CBR se debe a que el grado de saturación hará cambiar la resistencia del suelo produciendo diferentes valores de CBR para un mismo suelo. Depende del grado de succión que éste tenga. Un suelo seco tendrá mayor resistencia que el mismo con un mayor contenido de humedad. (Araujo, 2014, pág. 14).

A continuación, se presenta la siguiente correlación que presenta el Autor:

Figura 36

Análisis de regresión entre Óptimo contenido de humedad (OMC) y el CBR



Fuente: (Araujo, 2014, pág. 40).

Según (Araujo, 2014), para valores de OMC entre 4.5 y 6 % se observa que el error es menor al 20% para suelos GW.

No obstante, cuando se analizan las zonas mayores al 6% de OMC, las arcillas nuevamente vuelven a tener el porcentaje de error más alto (mayor al 50%). (pág. 14).

Para el cálculo del valor del CBR se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CBR = -6.0553OMC + 91.368$$

$$CBR = -6.0553 * (14.55) + 91.368$$

$$CBR = 90.49 \%$$

En conclusión, los valores calculados de CBR mediante las correlaciones son aceptables Rigiéndonos a la Normativa (MOP - 001-F, 2002), la misma que condiciona tanto para bases como sub bases cierto valor de CBR mínimo para el diseño de las capas de la estructura del pavimento.

Revisar el **ANEXO N°7: Estudios de Suelo ECUASOIL- Ensayos de Laboratorio del material de la Mina.**

CAPÍTULO VII

DISEÑO DE PAVIMENTO

7.1 Diseño Estructural del Pavimento Flexible Método AASHTO 93

En este capítulo el diseño estructural del pavimento se rige al método usado por la normativa (AASHTO, 1993), el mismo que consiste calcular el espesor de cada una de las capas que soportaran las cargas vehiculares de diseño.

La Normativa (AASHTO, 1993), plantea la siguiente ecuación para el diseño de pavimento flexible:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R * S_O + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

7.1.1 Parámetros de diseño

A partir de la formula presentada, se realiza el análisis de cada uno de los parámetros requeridos:

7.1.1.1 Periodo de Diseño. La Guía para el diseño de pavimentos (AASHTO, 1993) , propone periodos de diseño en función del tipo de carretera a utilizarse. Para nuestro diseño se adopta un periodo de 20 años al contar con dos alternativas de pavimento.

Tabla 66

Periodo de diseño en años, según el tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, Pavimentación con grava	10-20

Fuente: (AASHTO, 1993) págs. I-62

7.1.1.2 Tránsito de diseño. Representa las cargas que se prevé que va a estar sometida la estructura, dichas cargas equivalentes de eje simple de 18 Kips (ESAL`S) ya se analizaron en el capítulo N°2 correspondiente al Estudio del tráfico y se resumen a continuación:

Tabla 67

Numero de ESAL`S para 10 y 20 años

Tipo de vehículo	Año	TPDA Final	Nt
Camión de (2) ejes medianos 2DA	2031	84	60342
	2041	115	149663

Elaborado por: Autores, 2021.

7.1.1.3 Índice de Serviciabilidad (ΔPSI). Relaciona el servicio final de la vía frente a la comodidad y seguridad del conductor al manejar; se determina con el “presente serviciability index” PSI, los valores de Serviciabilidad obtenidos para pavimentos flexibles según la (AASHTO, 1993), se muestra en las siguientes tablas para condiciones iniciales (Po): y finales (Pt):

Tabla 68

Índices de Servicialidad Inicial

I. Servicialidad Inicial (Po)	
Pavimentos flexibles	4.20
Pavimentos rígidos	4.50

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 28)

Se adopta el valor de $P_0 = 4.2$

Para condiciones finales (Pf) se obtienes los siguientes rangos de valores:

Tabla 69

Índices de Servicialidad Final

I. Servicialidad Final (Pt)	
Carreteras Principales	2.50 o 3.00
Carreteras con clasificación menor	2.00
Carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos.	1.50

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 28)

Se adopta el valor de $P_f = 2.0$

7.1.1.4 Nivel de Confianza (R%). El nivel de confianza (R%) la normativa (AASHTO, 1993) , define como la probabilidad de un pavimento se encuentre en los límites establecidos, durante su vida útil, bajo la repetición de cargas de diseño.

Para el diseño se tomó el valor de nivel de confiabilidad (R%) de 70 dentro del rango 50 a 80 al ser rural y carretera local.

Tabla 70

Nivel de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación de carretera	Nivel de confiabilidad recomendado R%	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85-99.9	80-99.9
Arteria o carreteras principales	80-99	75-95
Colectoras de transito	80-95	75-95
Carreteras Locales	50-80	50-80

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 99).

7.1.1.5 Desviación Estándar

7.1.1.5.1 Desviación estándar normal (Zr). Para determinación de esta desviación se lo realiza mediante el nivel de confiabilidad ya calculado, como recomienda la Guía (AASHTO, 1993).Obteniendo un valor de -0524 para el diseño.

Tabla 71

Valores de Desviación estándar normal recomendados por la Guía AASHTO 93

Confiabilidad	Zr	Confiabilidad	Zr
50	0	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.34	99.9	-3.09
92	-1.405	99.9	-3.75

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 99)

7.1.1.5.2 *Desviación estándar total (So)*. La Guía (AASHTO, 1993), propone rangos de 0.40 – 0.50 para pavimentos flexibles como se indica en la siguiente tabla, se adopta por un valor intermedio de 0.45.

Tabla 72

Valores de desviación estándar total recomendados por la guía AASHTO 93

Proyecto de pavimento	Desviación estándar total
Rango para pavimentos flexibles	0.40-0.50
Construcciones nuevas	0.40
Sobre capas	0.50

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 84)

7.1.1.6 *Coefficiente de Drenaje*. El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. (AASHTO, 1993).

Tabla 73

Valores recomendados del coeficiente de drenaje (mi), para base y Subbase no tratadas

Calidad de drenaje	% del tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación			
	Menos de 1%	Entre 1-5%	Entre 5-25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 112)

Se toma un coeficiente de drenaje del 0.60, debido a la ubicación de la comunidad San Vicente de Andoas, ya que presenta una exposición a la humedad mayor al 25% en todo el año.

7.1.1.7 *Coefficiente Estructural y Modulo Resiliente*. El coeficiente estructural está relacionado directamente con la resistencia de las capas de la estructura del pavimento. Motivo por el

cual la Normativa expresa que: “Mientras mayor sea la resistencia de la capa considerada, mayor será el coeficiente de capa, por lo tanto, menor el espesor de la capa”. (AASHTO, 1993).

7.1.1.7.1 *Mejoramiento (a4)*. Para el cálculo se debe tomar en cuenta las condiciones mínimas y básicas que debe cumplir una Sub-base para su diseño. La especificación (MOP - 001-F, 2002) capítulo 403 condiciona lo siguiente:

Tabla 74

Condiciones mínimas para el diseño del mejoramiento

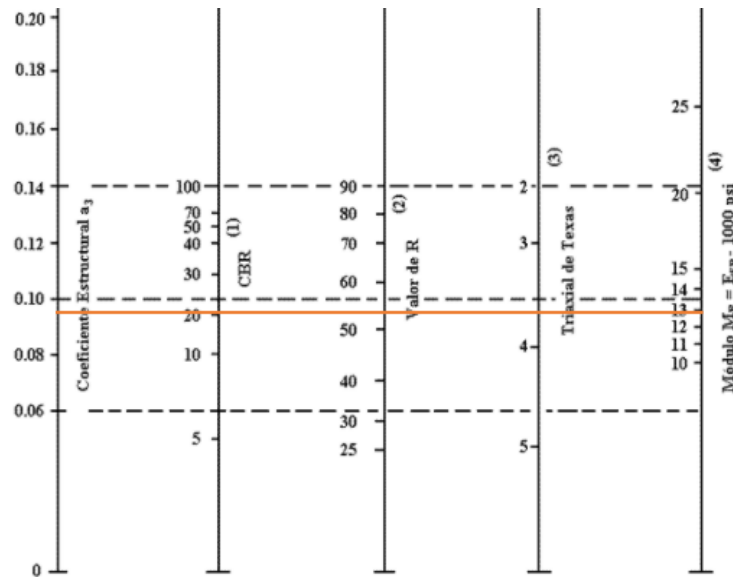
El material que pase el tamiz N.º 40 (%), tendrá un Índice de plasticidad menor a	9 %
Límite líquido hasta	35%
CBR mínimo	20%

Fuente: (MOP - 001-F, 2002, pág. 321),

Con la obtención del valor de CBR min diseño que debe cumplir un mejoramiento se obtiene un coeficiente estructural $a_4 = 0.095$ y un $M_r = 13000$ Psi según el ábaco establecidos por la normativa (AASHTO, 1993):

Ilustración 6

Ábaco modulo resistente M_r para mejoramiento



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: (AASHTO, 1993)

7.1.1.7.2 *Sub-base (a3)*. Para el cálculo se debe tomar en cuenta las condiciones mínimas y básicas que debe cumplir una Sub-base para su diseño. La especificación (MOP - 001-F, 2002), capítulo 403 condiciona lo siguiente:

Tabla 75

Condiciones mínimas de diseño para Sub-base

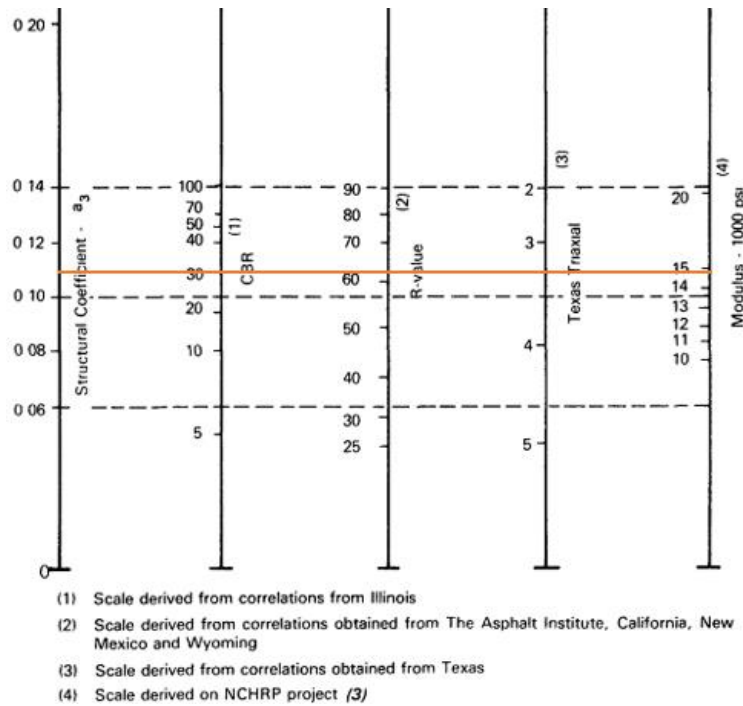
Abrasión (Durabilidad) máxima	50(%)
El material que pase el tamiz N.º 40 (%), tendrá un Índice de plasticidad menor a	6(%)
Límite líquido máximo	25(%)
CBR mínimo	30(%)

Fuente: (MOP - 001-F, 2002, pág. 242),

Con la obtención del valor de CBR min diseño que debe cumplir un mejoramiento se obtiene un coeficiente estructural $a_3 = 0.11$ y un $Mr = 149000$ Psi según el ábaco establecidos por la normativa. (AASHTO, 1993) :

Ilustración 7

Ábaco Modulo Resiente (Mr) para Sub- base



Fuente: (AASHTO, 1993)

7.1.1.7.3 Base (a_2). Al igual que para una Sub-base, se presenta las respectivas condiciones mínimas y básicas que debe cumplir una Sub-base para su diseño. La especificación (MOP - 001-F, 2002), capítulo 403 condiciona lo siguiente:

Tabla 76

Condiciones de diseño para Base

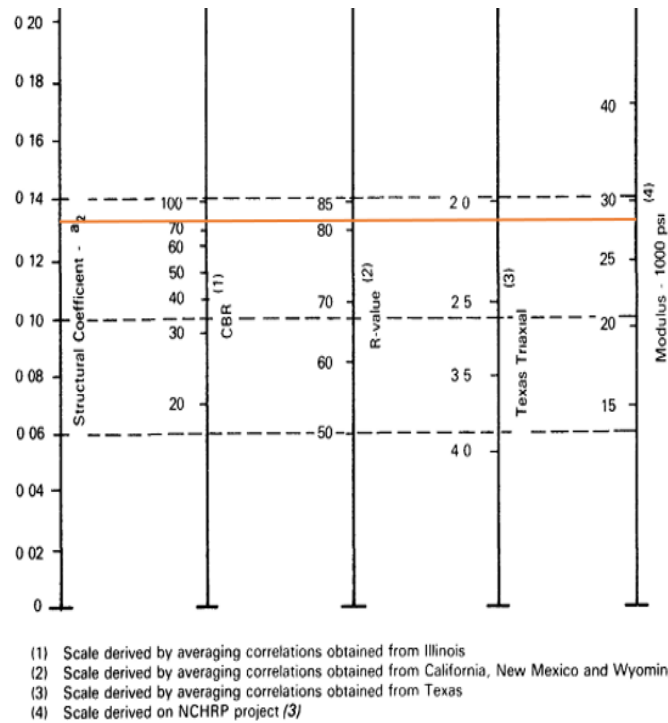
Abrasión (Durabilidad) máxima (%)	40 (%)
El material que pase el tamiz N.º 40 (%), tendrá un Índice de plasticidad menor a	6 (%)
Límite líquido máximo	25 (%)
CBR mínimo	80 (%)

Fuente: (MOP - 001-F, 2002, pág. 242),

Con la obtención del valor de CBR min diseño que debe cumplir un mejoramiento se obtiene un coeficiente estructural $a_2 = 0.130$ y un $Mr = 28000$ Psi, según el ábaco establecidos por la normativa. (AASHTO, 1993) :

Ilustración 8

Ábaco Modulo Resiente (Mr) para Base



Fuente: (AASHTO, 1993)

7.1.1.7.4 *Concreto Asfáltico (a1)*. Para el cálculo del número estructural en este caso la especificación (MOP - 001-F, 2002) , Sección 403 proporciona una tabla para establecer el valor de la Estabilidad de Marshall en cual está en función del tipo tráfico de la vía en estudio.

Para el diseño se tomó un valor de estabilidad Marshall de 1200 lb correspondiente aun tráfico mediano rigiéndose a la tabla 77 y se define el Módulo Resiliente (Mr) para la carpeta asfáltica de 2.4×10^5 Psi y un coeficiente estructural $a_1 = 0.340$, cómo se observa a continuación en el ábaco establecido por la normativa. (AASHTO, 1993).

Adicional se presenta las respectivas condiciones mínimas y básicas que debe cumplir el concreto asfáltico para su diseño.

Tabla 77

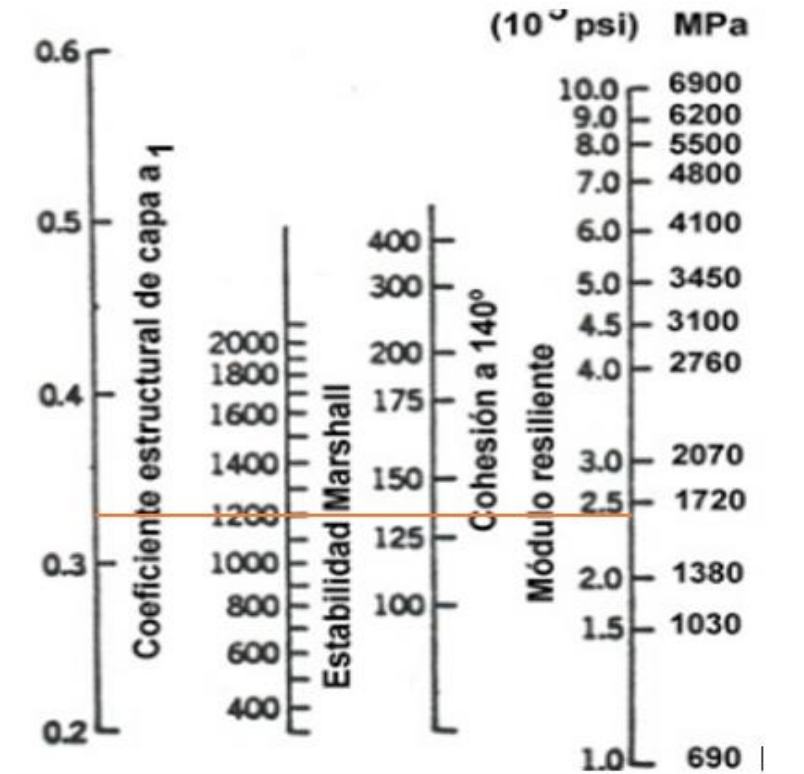
Estabilidad de Marshall en función del tipo de tráfico

Tipo de Tráfico	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Cráteres/ golpe/ capa	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	0	1800	0	1200	0	1200	0
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en la 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				
-Capa de Rodadura	70	---	70	---				
-Intermedio o base	60	---	60	---				

Fuente: (MOP - 001-F, 2002, pág. 309)

Ilustración 9

Ábaco Modulo Resiente M_r para Carpeta Asfáltica



Fuente: (AASHTO, 1993, pág. 114)

7.1.2 Número Estructural de Capa

La Normativa (AASHTO, 1993), define al número estructural de capa como un número que representa la firmeza que necesita la estructura del pavimento para ofrecer soporte al tráfico de diseño expresado como Ejes Equivalentes de carga (ESAL'S).

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3 + a_4 * m_4 * D_4$$

Para su respectivo cálculo se presenta la tabla resumen de los parámetros necesarios:

Tabla 78*Parámetro para el cálculo del número estructural de capa*

Periodo (años)	20
Mejoramiento (Mr)	13000 psi
Sub-base (Mr)	14900 psi
Base (Mr)	28000 psi
Concreto Asfáltico (Mr)	240000 psi
Confiabilidad (R%)	70
Coefficiente de drenaje (m)	0.60
Desviación estándar (Zr)	-0.524
Desviación estándar total (So)	0.45
I. Servicialidad Inicial (Po)	4.2
I. Servicialidad Final (Pt)	2
Índice de Serviciabilidad (Δ psi)	2.2

Elaborado por: Autores, 2021.

Se obtiene los números estructurales por capa para el periodo de diseño de 20 años.

Tabla 79*Números estructurales superficie de rodadura pavimentada*

Periodo	20 años	
Número de ESAL`S	149663	
Números Estructurales	SNT	SN capa
Concreto Asfáltico (SN1)	0.345	0.345
Base (SN2)	1.293	0.949
Sub-base (SN3)	1.686	0.393
Mejoramiento (SN4)	1.780	0.094

Elaborado por: Autores, 2021.

7.1.3 Determinación del Espesor de Capa

Basándonos en la Normativa (AASHTO, 1993), para el cálculo de espesores mínimos debemos tomar en cuenta recomendaciones que se presentan a continuación con respecto al espesor mínimos de cada una de las capas:

$$D_{\text{mínimo Subbase}} = (1.5 - 2.0) * D_{\text{mínimo Base}}$$

$$D_{\text{mínimo Mejoramiento}} = (3.0 - 4.0) * D_{\text{mínimo Base}}$$

Se establece a continuación el cálculo del valor del espesor mínimo para las diferentes capas, obteniéndose:

Tabla 80

Espesores de la estructura de pavimento calculados

Estructura de Pavimento	SN Capa	Espesor (in)	Espesor mínimo (in)	Espesor ajustado (in)	Espesor capa (cm)
Capa de Rodadura	0.34	1.01	2	2	5
Base	0.95	12.16	4	4	10
Sub-base	0.39	5.95	6	6	15
Mejoramiento	0.09	1.64	9	10	25

Elaborado por: Autores ,2021.

Posteriormente al obtener los espesores ajustados la normativa (AASHTO, 1993), recomienda realizar la comprobación:

$$SN_{\text{APORTE}} \geq SN_{\text{REQUERIDO}}$$

Los Valores obtenidos deben ser ligeramente cercanos, caso contrario se estaría generando un sobredimensionamiento.

Se realiza la comprobación de los espesores ajustados

$$SN = a1 * D1 + a2 * m2 * D2 + a3 * m3 * D3 + a4 * m4 * D4$$

$$SN = 0.34 * 2 + 0.13 * 0.6 * 4 + 0.11 * 0.6 * 6 + 0.09 * 0.6 * 10$$

$$SN = 1.93$$

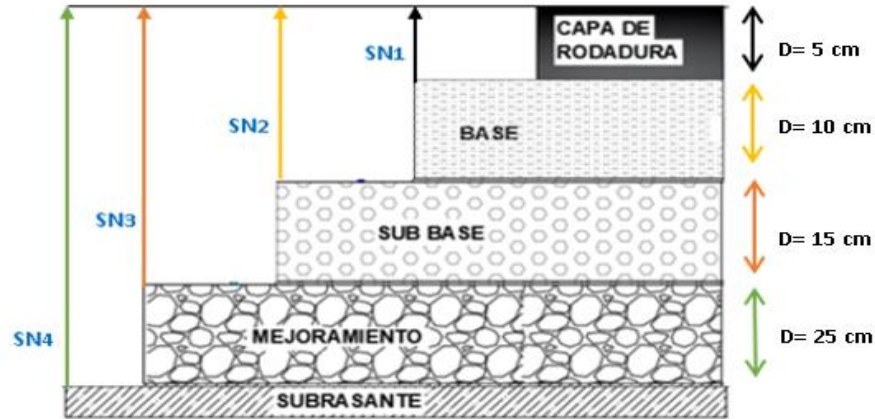
$$SN_{\text{APORTE}} \geq SN_{\text{REQUERIDO}}$$

$$1.93 > 1.78$$

Para apreciación se muestra el esquema de la estructura del pavimento.

Figura 37

Estructura de pavimento flexible



Elaborado por: Autores, 2021.

7.2 Diseño Estructural de Superficie de rodadura no Pavimentada

El análisis realizado para el diseño estructural del pavimento flexible sirve de base para presentar una segunda alternativa de superficie de rodadura granular. A continuación, se muestra la tabla de los parámetros de diseño ya calculados:

Tabla 81

Parámetros base para el diseño Estructural de la Superficie de rodadura no pavimentada

Periodo (años)	20
TPDA	115
ESAL'S	149663
Mejoramiento (Mr)	13000 psi
Sub-base (Mr)	14900 psi
Base (Mr)	28000 psi
Confiabilidad (R%)	70
Coefficiente de drenaje (m)	0.60
Desviación estándar (Zr)	-0.524
Desviación estándar total (So)	0.45
I. Servicialidad Inicial (Po)	4.2
I. Servicialidad Final (Pt)	2
Índice de Servicialidad (Δ psi)	2.2

Elaborado por: Autores, 2021.

Se realiza el mismo procedimiento para el cálculo del número estructural para las diferentes capas:

Tabla 82

Números Estructurales superficie de rodadura no pavimentada

Periodo de diseño	20 años	
Número de ESAL`S	149663	
Números Estructurales	SNT	SN capa
Base (SN2)	1.293	0.949
Sub-base (SN3)	1.686	0.393
Mejoramiento (SN4)	1.780	0.094

Elaborado por: Autores, 2021.

Finalmente, se obtiene los espesores de capa que para este diseño se excluye la capa de concreto asfáltico.

Tabla 83

Espesores de la estructura calculados

Estructura de Pavimento	SN Capa	Espesor (in)	Espesor mínimo (in)	Espesor ajustado (in)	Espesor capa (cm)
Base	1.29	16.58	4	6	15
Sub-base	0.39	5.95	6	10	25
Mejoramiento	0.09	1.64	9	12	30

Elaborado por: Autores, 2021.

Se realiza la comprobación de los espesores ajustados

$$SN = 1.81$$

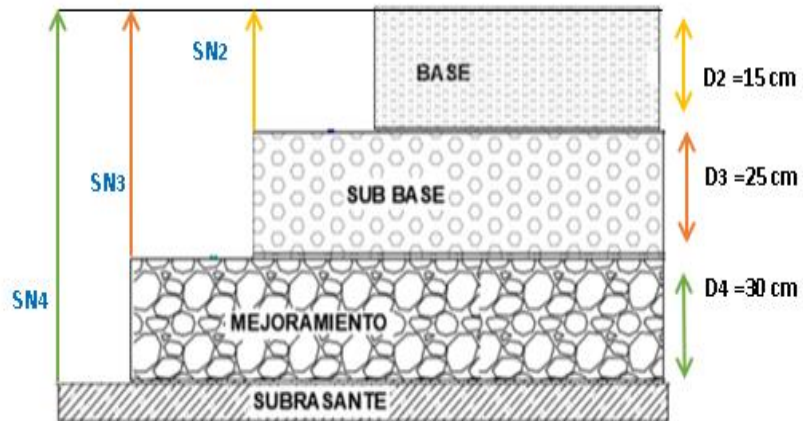
$$SN_{APORTE} \geq SN_{REQUERIDO}$$

$$1.81 > 1.78$$

Para su apreciación se muestra el esquema de la estructura de la superficie no pavimentada.

Figura 38

Estructura de superficie no pavimentada -capa granular



Elaborado por: Autores, 2021.

CAPÍTULO VIII

DISEÑO HIDRÁULICO

8.1 Alcance

El alcance del presente diseño de las obras de arte menor del drenaje superficial es establecer la sección óptima que consienta el paso libre del flujo y sólido que transportan los cauces naturales, además del flujo de la propia carretera y el flujo de los taludes. (Instituto Nacional de Vías, 2009)

El presente estudio pretende alcanzar varios aspectos, iniciando por definir los patrones y parámetros hidráulicos que intervengan en el proyecto; posteriormente determinar los caudales de diseño que permitirá dimensionar las obras de drenaje y calcular los correspondientes volúmenes de obra.

La información básica utilizada para el diseño de obras de drenaje superficial es:

- Topografía de la carretera del proyecto
- Base de datos de la precipitación perteneciente a la estación meteorológica M-0156 Quinindé (convento Madre Lauritas) y M-0025 La Concordia
- Normas de diseño geométrico de carreteras MOP-2003
- Zonificación de intensidades de precipitación y Mapa de Isolíneas
- Coeficiente de escorrentía

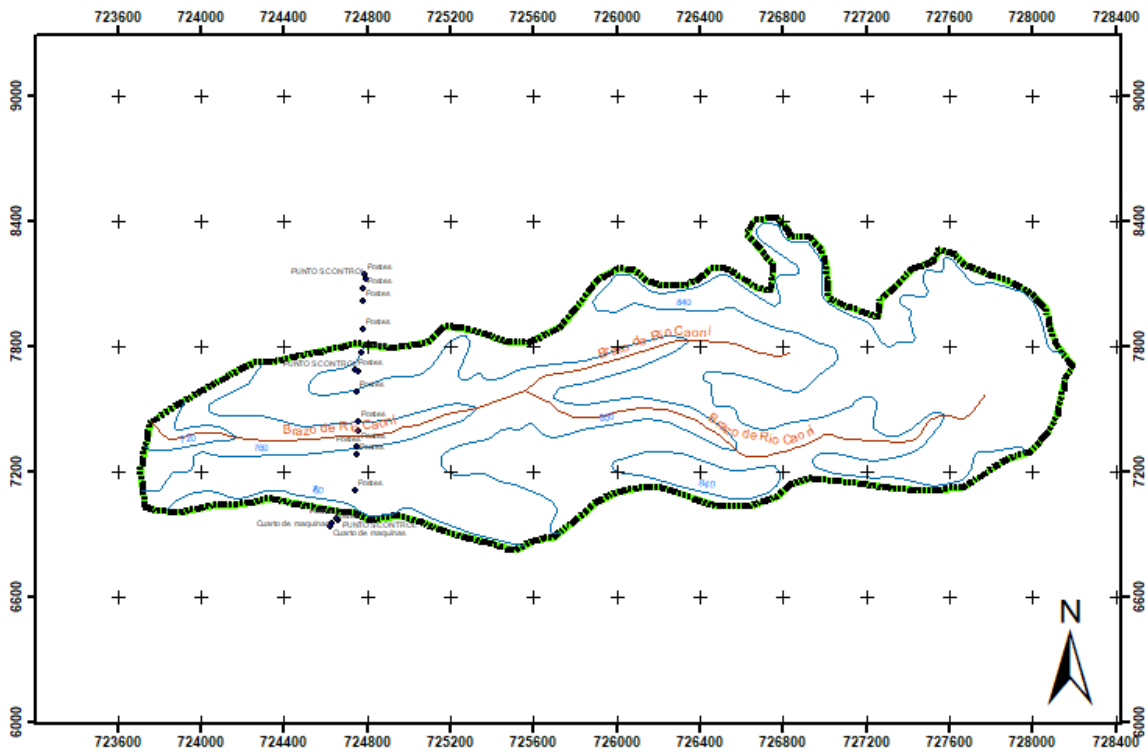
8.2 Delimitación de la cuenca hidrográfica

Para generar un análisis hidrológico de una cuenca, es importante definir el sitio, se realiza el trazo de una línea imaginaria que la delimita de las cuencas adyacentes. En el presente estudio se delimita la microcuenca que interviene en el proyecto que permitirá calcular el caudal y la altitud

máxima que puede alcanzar; para un periodo de diseño de 25 años, por lo tanto, se estimará la altura del puente en el brazo de río Andoas que desemboca en el Río Caoní.

Figura 39

Delimitación de la microcuenca del proyecto



Elaborado por: Autores 2021.

Fuente: Archivos geo información Sistema nacional de Información (SNI)

8.3 Parámetros generales de la micro cuenca hidrográfica

8.3.1 Características físicas de la cuenca hidrográfica

Según (Gutiérrez Caiza, 2014) afirma que:

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos las prácticas agrícolas, etc. Este elemento proporciona la posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. Las características físicas de una cuenca hidrográfica desempeñan un papel esencial en el estudio y

comportamiento de algunos de los componentes del ciclo hidrológico tales como la evaporación, infiltración, flujo superficial y otros.” (pág. 48),

En la siguiente tabla se indican las principales características calculadas a partir de la delimitación de la microcuenca ya mencionada:

Tabla 84

Características físicas de la microcuenca del brazo de río Andoas

Perímetro Total (km)	9.76
Área Total (km²)	2.77
Longitud (km)	5.66
Ancho medio	0.49

Elaborado por: Autores, 2021.

8.3.2 Parámetros de forma

“Los siguientes parámetros nos permite saber la configuración de la cuenca a una figura geométrica”. (Fierro & Jiménez, 2011) .

8.3.2.1 Coeficiente de compacidad de Gravelius (kc). Para la determinación de este parámetro, con las características físicas de la microcuenca obtenidas tenemos dicho coeficiente mediante la fórmula propuesta por (Gutiérrez Caiza, 2014, pág. 49):

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{9.76}{2\sqrt{\pi * 2.77}} = 1.65$$

En base a las siguientes tablas se define la forma de la microcuenca:

Tabla 85

Índice de Gravelius para la evaluación de la forma

Rango	Descripción
1-1.25	Forma casi redonda a oval – redonda
1.25-1.5	Forma oval – redonda a oval – alargada
1.5-1.75	Forma oval – alargada a alargada

Fuente: (Ortiz, 2004)

Tabla 86

Índice de Gravelius para la evaluación de una Interpretación Ambiental

Kc	Interpretación Ambiental
1-1.25	Alta tendencia a inundaciones
1.25-1.50	Mediana tendencia a inundaciones
1.50-1.70	Baja tendencia a inundaciones
>1.70	Cuencas propensas a la conservación

Fuente: (Rodríguez, 2014).

Con el Valor obtenido de $K_c = 1.65$, se obtiene que la microcuenca es de forma oval, es decir alargadas y presenta baja tendencia a inundaciones.

8.3.2.2 Desnivel altitudinal (da). Se define como la diferencia de altitudes entre la más alta y las más baja; tiene relación con la variabilidad climática y ecológica; que depende de la cantidad de pisos altitudinales que puede tener.

$$da = COTA\ MAYOR - COTA\ MENOR$$

$$da = 840\ m.\ s.\ n.\ m - 720\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$da = 120\ m.\ s.\ n.\ m$$

8.3.3 Parámetros de relieve

“El relieve se enfoca al comportamiento hidrológico de la cuenca y no a sus características de forma, por lo que a mayor pendiente existe mayor caudal en periodos cortos de tiempo”. (Ibáñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2008).

8.3.3.1 Pendiente uniforme del cauce principal (j). “Este método considera la pendiente del cauce, como la relación entre el desnivel que hay entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud”. (Villón, 2002, pág. 55)

$$j = \frac{da}{L}$$

Donde:

da: desnivel altitudinal (km)

L: Longitud del cauce (km)

Tabla 88.

Cálculo de la pendiente uniforme del cauce principal

j:	2.12	%
----	------	---

Elaborado por: Autores 2021.

8.3.3.2 Pendiente media de la cuenca (J). Esta estimación es el promedio de todas las pendientes de superficies representativas a la que se piensa como máxima pendiente. (Beltrán, 2010)

$$J = 100 * \frac{\sum Li * E}{A}$$

J= pendiente media de la cuenca (%)

Li= Longitud de cada una de las curvas de nivel (km)

E= Equidistancia de las curvas de nivel (km)

A= superficie de la cuenca (km²)

Tabla 87

Pendiente media de la microcuenca

J:	2.81	%
----	------	---

Elaborado por: Autores 2021.

Tabla 88

Rangos de pendiente y tipo de terreno

Rango de pendiente (%)	Tipo de terreno
0-2	Llano
2-5	Suave
5-10	Accidentado medio
10-15	Accidentado
15-25	Fuertemente accidentado
25-50	Escarpado
>50	Muy escarpado

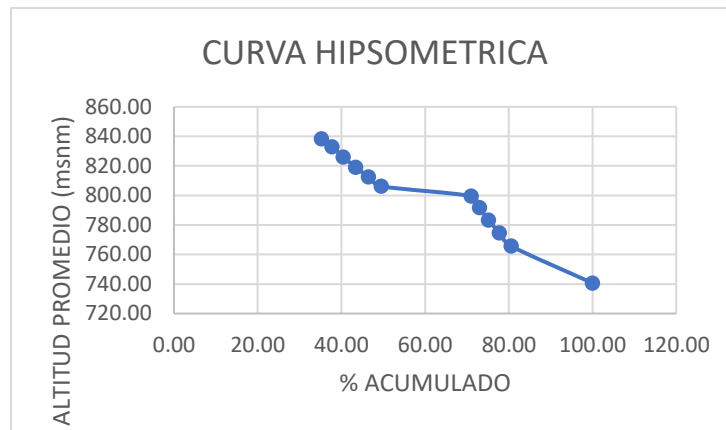
Fuente: (Heras, 1972)

Con la pendiente media se puede decir que la microcuenca tiene un tipo de terreno suave, por lo tanto, no es propenso a inundaciones.

8.3.3.3 Curva hipsométrica. Según (Gutiérrez Caiza, 2014) , esta curva representa las superficies de la cuenca y relaciona el valor de la cota en las ordenadas, con el porcentaje del área acumulada en las abscisas. (pág. 54). Se presenta la curva hipsométrica de la microcuenca delimitada para nuestro estudio:

Ilustración 10

Curva Hipsométrica de la microcuenca

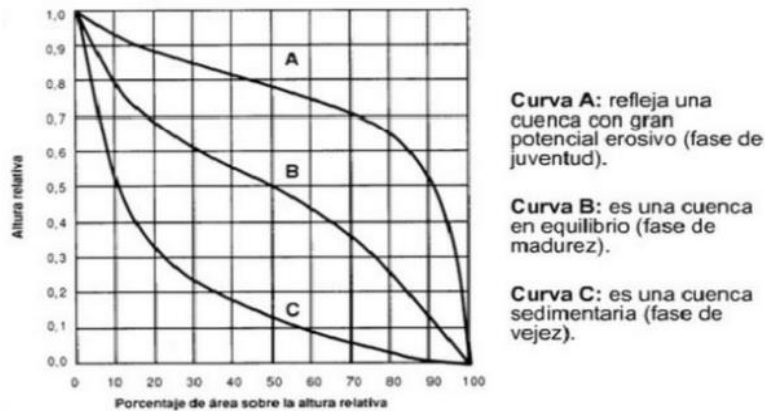


Elaborado por: Autores,2021.

Se define curva de tipo B, una cuenca en equilibrio en fase de madurez.

Ilustración 11

Tipos de Curva Hipsométrica para definir la microcuenca



Fuente: (Gutiérrez Caiza, 2014)

8.3.3.4 Altura media (h). Se calcula la divisoria de las dos zonas de igual área de la cuenca, por consiguiente, se obtiene la curva de nivel, que se define como la altura media que pertenece al 50% del área total, mediante la curva Hipsométrica se obtiene la altura media de la cuenca. (Linsley, Kohler, & Paulhus, 1949)

Tabla 89

Altura media de la microcuenca

Cálculo de la elevación media			
Altitudes	Área parcial (a)	Elevación media (e)	(a) x (e)
720	0	0	0
761.289612	0.54	741	399
770.197693	0.08	766	59
779.184692	0.07	775	55
787.556091	0.06	783	47
795.871643	0.05	792	43
803.104797	0.59	799	475
809.358093	0.09	806	69
815.792419	0.08	813	68
822.472412	0.08	819	67
829.401001	0.08	826	62
836.433044	0.07	833	58
840	0.98	838	818
TOTAL	2.77		2221

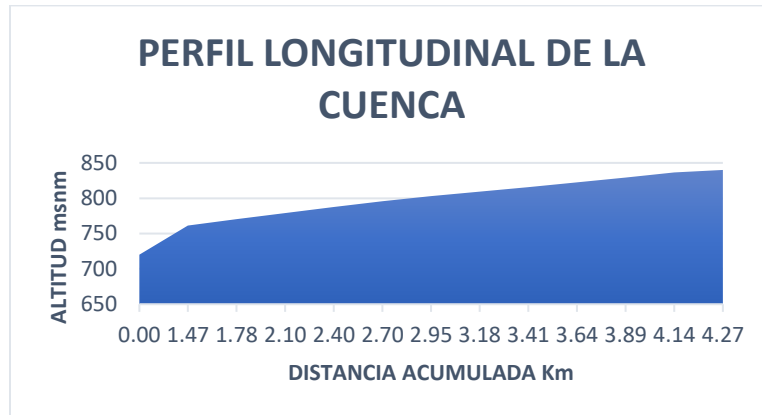
Elaborado por: Autores 2021

El valor de la altura media Em es 802 m.

8.3.3.5 Perfil longitudinal. Es el vínculo entre el espacio recorrido, desde su nacimiento, por un flujo natural y la elevación relativa de cada punto del perfil. (Ibáñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2008).

Ilustración 12

Perfil Longitudinal del brazo de río Andoas



Elaborado por: Autores 2021

8.3.4 Tiempo de concentración

“Es el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de aquella, llegue a la salida.” (Villón, 2002, pág. 198)

En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales la mayor mente utilizada es la de Kirpich y Californiana.

8.3.4.1 Método de Kirpich. Se la utiliza en cuencas de tamaño medio, ubicado en áreas agrícolas, recomendado por la MOP 2003.

$$t_c = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce más largo en km

I: pendiente media de la cuenca

8.3.4.2 Método de California. Se la utiliza para cuencas pequeñas, ubicadas en áreas agrícolas y generalmente aplicada para el método racional

$$t_c = \left(\frac{0.871 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L: Longitud del cauce más largo en kilómetros

H: Desnivel máximo de la cuenca en m

Tc: tiempo de concentración expresado en horas

A continuación, se muestra los resultados:

Tabla 90

Tiempo de Concentración Kirpich y California

Fórmula	Tiempo de concentración			
Kirpich	1.0	horas	59.8	minutos
California	1.1	horas	66.7	minutos

Elaborado por: Autores, 2021.

Para (Lemos, 2000) el tiempo de concentración que se debe utilizar en carreteras es de 10 minutos y en alcantarillas de 10 a 12 minutos. (pág. 20)

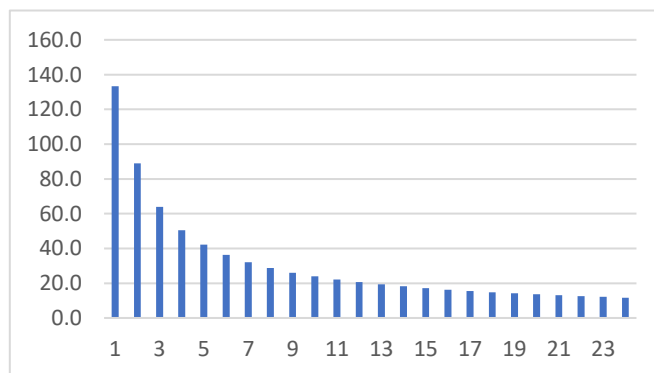
8.3.5 Elaboración del hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años

El hietograma de diseño se elaboró a partir de información existente de los porcentajes de lluvia caídos en diferentes tiempos.

La estación la concordia al ser la más próxima al proyecto abarca la microcuenca en estudio, por consiguiente, se utilizó las intensidades máximas diarias para un periodo de retorno de 25 años.

Tabla 91*Periodo de Retorno de la estación la Concordia*

T(min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
60	62.4	74.6	85.3	101.9	116.6	133.4
120	45.3	53.1	59.8	70.1	79.0	89.0
180	32.5	38.1	43.0	50.3	56.7	63.9
240	25.7	30.1	34.0	39.8	44.9	50.6
300	21.4	25.1	28.3	33.2	37.4	42.1
360	18.5	21.7	24.4	28.6	32.2	36.3
420	16.3	19.1	21.5	25.2	28.4	32.0
480	14.6	17.1	19.3	22.6	25.5	28.7
540	13.3	15.6	17.5	20.5	23.1	26.1
600	12.2	14.3	16.1	18.8	21.2	23.9
660	11.3	13.2	14.9	17.4	19.6	22.1
720	10.5	12.3	13.9	16.2	18.3	20.6
780	9.8	11.5	13.0	15.2	17.1	19.3
840	9.3	10.8	12.2	14.3	16.1	18.2
900	8.8	10.2	11.6	13.5	15.3	17.2
960	8.3	9.7	11.0	12.8	14.5	16.3
1020	7.9	9.3	10.4	12.2	13.8	15.5
1080	7.5	8.8	10.0	11.7	13.1	14.8
1140	7.2	8.5	9.5	11.2	12.6	14.2
1200	6.9	8.1	9.1	10.7	12.1	13.6
1260	6.6	7.8	8.8	10.3	11.6	13.1
1320	6.4	7.5	8.5	9.9	11.2	12.6
1380	6.2	7.2	8.2	9.5	10.8	12.1
1440	6.0	7.0	7.9	9.2	10.4	11.7

*Elaborado por: Autores, 2021.***Ilustración 13***Hietograma de la Estación de la Concordia**Elaborado por: Autores, 2021.*

8.3.6 Modelación hidrológica con HEC-HMS

El sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS) está diseñado para modelar el transcurso de precipitación-escorrentía. Asimismo, está diseñado para ser utilizado en áreas geográficas, para el cálculo de problemas de ingeniería, los resultados sirven para una amplia gama de proyectos como estudio de disponibilidad de agua, drenaje urbano, observaciones de flujo, análisis de eventos extremos, etc. (USACE, 2000).

A continuación, se presenta la tabla resumen de los parámetros a usarse en el programa HEC-HMS para determinar el caudal máximo de diseño para un periodo de retorno de 25 años:

Tabla 92

Descripción de los Parámetros del Modelo de la cuenca para el programa HEC-HMS

SUBBASIN (CUENCA)		
Área (km²)	Área	Superficie de la cuenca
Loss Method	Método de pérdidas	SCS Curve Number: Separa la Pneta de la total
Transform Method	Método de Transformación	SCS Unit Hydrograph: Convertir la Pneta en Escorrentía
Base Flow Method	Método del Flujo Base	Recesión: Suma el caudal base al Hidrograma Resultante
LOSS (PERDIDAS)		
Initial Abstraction (mm)	Abstracciones Iniciales	Ia: Representa el 20% de la Retención Potencial Máxima (S)
Curve Number	Número de Curva	CN
Impervios (%)	Impermeabilidad	Rango entre (0 a 5) %: Para un valor de 5% indica ser muy impermeable (Roca)

Fuente: (Centeno Dávila, 2015)

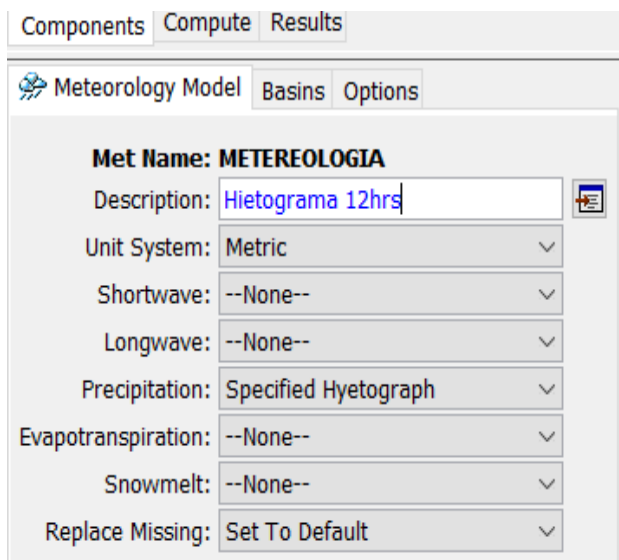
TRANSFORM (HIDROGRAMA)		
Graph Type	Tipo de Gráfico	Standard: Aplicable para cualquier área. Delmarva: Áreas planas con excesiva precipitación
Lag Time	Tiempo de retardo	Tr
BASEFLOW (FLUJO BASE)		
Initial Discharge (m3/s)	Descarga Inicial	Caudal base
Recession Constant	Constante de Recesión	Disminución del caudal base cada día. El rango de valores comprende de (0.1 - 0.99)
Threshold Type	Umbral de escurrimiento	Ratio to Peak: Caudal umbral a partir del cual el programa comienza a computar una nueva recesión
Ratio	Proporción	Referente al Ratio to Peak. Rango entre (0-1). Ej: 0.1=10% del Caudal de Punta

Fuente: (Centeno Dávila, 2015)

8.3.6.1 Modelo meteorológico. Para este caso se ingresará datos del hietograma por lo cual se indicará el tipo de precipitación y se introduce en la opción de Datos de Series de Tiempo (Times Series Data).

Ilustración 14

Especificación del tipo de precipitación utilizado



Fuente: HEC-HMS versión 4.3

8.3.6.2 Especificaciones de control. Para nuestro estudio la especificación en la modelación es de 12 horas y con un intervalo de tiempo de 30 minutos.

Ilustración 15

Especificaciones de Control para la simulación del programa

Fuente: HEC-HMS versión 4.3

8.3.6.3 Datos de series de tiempo. Para el software se empleará una serie del hietograma de diseño calculado previamente, señalando el intervalo de tiempo con el que está puesto los datos.

Ilustración 16

Hietograma de Diseño

Time (ddMMYYYY, HH:m...	Precipitation (MM)
11may2021, 00:00	
11may2021, 01:00	101.9
11may2021, 02:00	70.1
11may2021, 03:00	50.3
11may2021, 04:00	39.8
11may2021, 05:00	33.2
11may2021, 06:00	28.6
11may2021, 07:00	25.2
11may2021, 08:00	22.6
11may2021, 09:00	20.5
11may2021, 10:00	18.8
11may2021, 11:00	17.4
11may2021, 12:00	16.2
11may2021, 13:00	15.2
11may2021, 14:00	14.3
11may2021, 15:00	13.5
11may2021, 16:00	12.8
11may2021, 17:00	12.2
11may2021, 18:00	11.7
11may2021, 19:00	11.2
11may2021, 20:00	10.7
11may2021, 21:00	10.3
11may2021, 22:00	9.9
11may2021, 23:00	9.5
12may2021, 00:00	9.2

Fuente: HEC-HMS versión 4.3

8.3.6.4 Resultados. A partir de la modelación en el programa HEC-HMS se detalla el caudal máximo de diseño resultante para el periodo de retorno de 25 años.

Ilustración 17

Caudal Máximo de diseño para un periodo de retorno de 25 años

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUBCUENCA01	2.769744	38.7	11may2021, 02:30	498.76

Fuente: HEC-HMS versión 4.3

Es importante destacar que el caudal máximo de 38.7 m³/s para un periodo de diseño de 25 años, servirá de pauta para la modelación en HEC RAS y de esta forma determinar la altitud a la que se ubicará el puente en el brazo de Río Andoas.

8.3.7 Modelación hidrológica con HEC-RAS

8.3.7.1 Parámetros hidráulicos de diseño. Para la simulación en el software HEC-RAS, se cuenta con los parámetros calculados anteriormente de los datos geométricos (secciones transversales), hidrológicos (caudales) e hidráulicos (número de Manning).

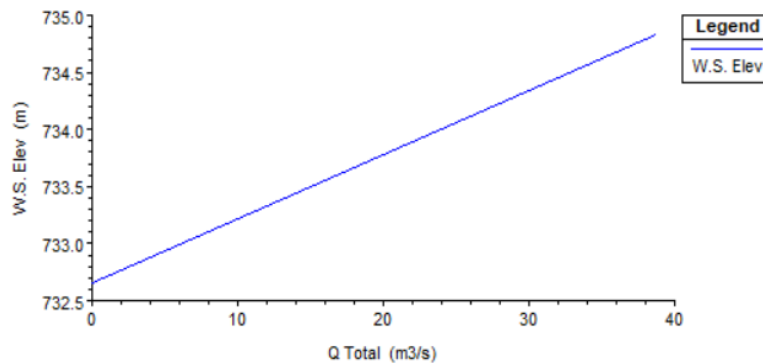
8.3.7.2 Resultados de la modelación con HEC-RAS del brazo de río Andoas. En el alineamiento no se evidencia continuidad en su trazo por la presencia de un cambio brusco en la topografía realizada en los márgenes del brazo de río Andoas, por lo tanto, la presente modelación permitirá determinar la altura máxima que alcanzará el flujo para un periodo de retorno de 25 años

y poder determinar a qué altitud se encontrará el puente que permitirá la continuidad del trazo del alineamiento horizontal.

El puente del brazo de río Andoas que se prevé implementar, se encuentra ubicado en la abscisa 0+788.55 m del proyecto, con una luz de 20 metros y para un periodo de retorno de 25 años donde se estima un flujo con un caudal pico de $38.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Los resultados se muestran en la Ilustración.

Ilustración 18

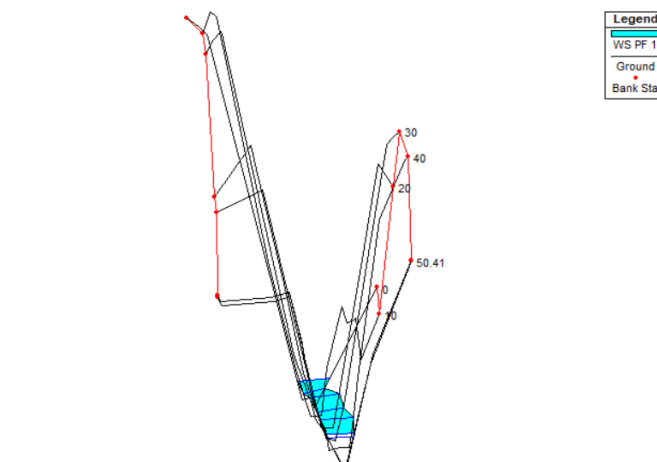
Visualización de la curva de gasto



Elaborado por: Autores a través HEC-RAS versión 5.0.7

Ilustración 19

Resultados de Modelación del brazo de río Andoas



Elaborado por: Autores a través HEC-RAS versión 5.0.7

Ilustración 20

Parámetros Hidráulicos en todo el tramo del cauce

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE DE RIO CHICO	50.41	PF 1	38.70	732.94	735.04	735.04	735.60	0.017053	3.34	11.60	10.22	1.00
EJE DE RIO CHICO	50	PF 1	38.70	732.96	734.76	734.95	735.57	0.027051	3.99	9.69	9.24	1.25
EJE DE RIO CHICO	40	PF 1	38.70	733.05	735.09	734.48	735.32	0.004907	2.12	18.23	12.04	0.55
EJE DE RIO CHICO	30	PF 1	38.70	732.74	734.78		735.22	0.011302	2.94	13.15	10.18	0.83
EJE DE RIO CHICO	20	PF 1	38.70	732.65	734.83		735.09	0.005410	2.27	17.09	11.09	0.58
EJE DE RIO CHICO	10	PF 1	38.70	732.63	734.33	734.33	734.97	0.017798	3.55	10.91	8.58	1.01
EJE DE RIO CHICO	0	PF 1	38.70	732.49	734.10	734.23	734.76	0.024904	3.58	10.80	11.66	1.19

Elaborado por: Autores a través HEC-RAS versión 5.0.7

Ilustración 21

Parámetros Hidráulicos de los márgenes del brazo de río Andoas

Plan: Plan 01 SECCIONES EJE DE RIO CHICO RS: 20 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	735.09	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	734.83	Reach Len. (m)	10.47	10.00	9.56
Crit W.S. (m)		Flow Area (m ²)		17.09	
E.G. Slope (m/m)	0.005410	Area (m ²)		17.09	
Q Total (m ³ /s)	38.70	Flow (m ³ /s)		38.70	
Top Width (m)	11.09	Top Width (m)		11.09	
Vel Total (m/s)	2.27	Avg. Vel. (m/s)		2.27	
Max Chl Dpth (m)	2.18	Hydr. Depth (m)		1.54	
Conv. Total (m ³ /s)	526.2	Conv. (m ³ /s)		526.2	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		12.50	
Min Ch El (m)	732.65	Shear (N/m ²)		72.53	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		164.29	
Frcn Loss (m)	0.09	Cum Volume (1000 m ³)		0.25	
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m ²)		0.20	

Elaborado por: Autores a través HEC-RAS versión 5.0.7

Al observar los resultados de la modelación del brazo de río Andoas, se puede apreciar que no existe una gran pérdida de energía, el flujo presentado es de tipo Subcrítico en el tramo del puente al tener el valor de Froude menor a 1.

En la sección del puente la velocidad en el centro del cauce es de 2.27 m/s y su elevación máxima alcanza los 735 msnm, por lo tanto, la altura que tendrá el puente será 3 m más a la altitud máxima, es decir, tiene la elevación 738 msnm que permitirá la continuidad del alineamiento del diseño del proyecto.

8.4 Diseño de obras de drenaje

El diseño de obras de drenaje tiene como función expulsar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada, así también, controla el nivel freático, también intercepta el agua superficial o subterránea que escurre sobre la carretera y transporta controladamente el caudal que atraviesa la vía.

Por esta razón, se utiliza drenajes longitudinales como, por ejemplo: cunetas, cunetas de coronación, canales de encauzamiento, bordillos y subdrenes. Así también para el drenaje transversal se puede utilizar alcantarillas o puentes

Dentro del diseño hidráulico estará basado en principios y métodos racionales; por consiguiente, se empleará factores que afectan a la obtención de la geometría del conducto y el tipo de flujo.

8.4.1 Intensidad de precipitación para un periodo de retorno

“En diseños de drenaje urbano se utiliza la determinación del evento o tormenta de diseño que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para cada obra de drenaje.” (Gutiérrez Caiza, 2014, pág. 166).

Para el análisis de la intensidad se utiliza las curvas I-D-F (curvas de intensidad, duración y frecuencia), proporcionado por el INAMHI de acuerdo a la zonificación:

$$I_{TR} = \frac{K * Id_{TR}}{t^n} \quad TR = \frac{n + 1}{m}$$

Donde:

I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h).

Id_{TR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado (mm/h).

TR = Periodo de retorno en años

K, m y n = Constantes de ajustes determinados por mínimos cuadrados

8.4.2 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Para el diseño del proyecto es importante determinar las curvas de intensidad – duración – frecuencia, que relacionan las lluvias con la duración y frecuencia; es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

En base a esto se calculó los caudales relacionando las características del sector con las curvas (IDF) en un tiempo máximo de precipitación de 24 horas, valor sobrentendido en la magnitud de Id de acuerdo con las relaciones establecidas por el INAMHI, el área de influencia del proyecto se ubica en la zona 10, de la Actualización del Estudio de Lluvias Intensas, versión 2 del 2019.

Tabla 93

Ecuación Representativa Estación la Concordia

Estación Código	Nombre	Intervalos de tiempo (minutos)	Ecuaciones	R	R ²
M0025	LA CONCORDIA	5<30	$i = 127.2355 * T^{0.1819} * t^{-0.1363}$	0.9811	0.9626
		30<120	$i = 337.9275 * T^{0.1941} * t^{-0.4454}$	0.9589	0.9196
		120<1440	$i = 1999.94 * T^{0.1726} * t^{-0.8161}$	0.9961	0.9923

Fuente: (INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019)

Donde:

ITR: intensidad de precipitación, en mm/hora

Tc: duración de la intensidad, igual al tiempo de concentración en minutos

Tr: período de retorno o de recurrencia, en años

IdTR: intensidades de lluvia máxima para una duración de tormenta de 24 horas con periodo de retorno asociado, en mm/hora.

Tabla 94

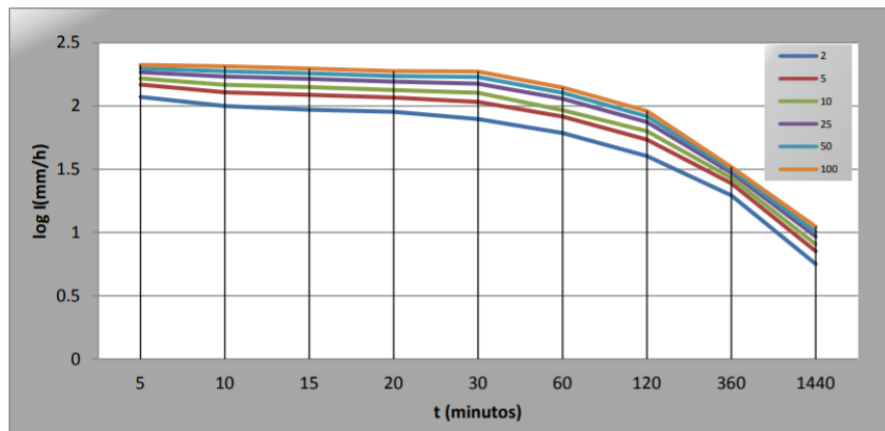
Intensidad Máxima de llluvias, Estación la Concordia

T(min)	Período de Retorno T(años)					
	2	5	10	25	50	100
5	115.9	136.9	155.3	183.5	208.2	236.1
10	105.5	124.6	141.3	167.0	189.4	214.8
15	99.8	117.9	133.7	158.0	179.2	203.3
20	95.9	113.3	128.6	151.9	172.3	195.5
30	85.0	101.5	116.1	138.8	158.7	181.6
60	62.4	74.6	85.3	101.9	116.6	133.4
120	45.3	53.1	59.8	70.1	79.0	89.0
360	15.5	21.7	24.4	28.6	32.2	36.3
1440	6.0	7.0	7.9	9.2	10.4	11.7

Fuente: (INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019)

Figura 40

Curvas de Intensidad Máxima de llluvias, Estación la Concordia



Fuente: (INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019)

8.4.3 Período de retorno

“Es el periodo de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento es igualado o superado por lo menos una vez” (Monsalve S., 1999, pág. 141).

El periodo de retorno para el diseño hidráulico a utilizarse es de 25 años.

Tabla 95*Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial*

Tipo de obra	Caminos vecinales	Red de carreteras
Alcantarillas de hasta 3m2 de sección	5	10
Alcantarillas mayores de 3m2 de sección	10	25
Cunetas	10	25
Canales interceptores	10	25
Puentes mínimos	50	50

Fuente: (Salgado, 1989, pág. 384).

8.4.4 Determinación del caudal

Para determinar el caudal de diseño los principales criterios son:

- Disponibilidad de datos de caudales
- Disponibilidad de datos de precipitación
- Tamaño de la cuenca

A continuación, se indicará la forma de seleccionar un método

Tabla 96*Tabla resumen de métodos para estimar el Caudal de Diseño*

Método	Datos necesarios		Uso	
	Precipitación	Caudales	Cuenca	Estructuras
Racional	SI	NO	Pequeña (<2.5km ²)	Cunetas Sumideros Alcantarillas
SCS	SI	NO	Mediana (<25km ²)	Alcantarillas Puentes
Análisis Frecuencial	NO	SI	Cualquiera (Grandes Cuencas)	Alcantarillas Puentes Presas
Hidrograma Unitario	SI	SI	Cualquiera (Grandes Cuencas)	Alcantarillas Puente
Método	Datos necesarios		Uso	
	Precipitación	Caudales	Cuenca	Estructuras
Empíricos	SI	SI	Cualquiera (Preferencia Pequeñas a Medianas)	Alcantarillas Puentes Presas
Estructuras Existentes	NO	NO	Cualquiera (Grandes Cuencas)	Alcantarillas Puentes Presas

Elaborado por: Autores 2021

El proyecto se encuentra ubicado en una cuenca menor a 2.5 km², por lo tanto, se le considera pequeña y tiene información de la precipitación; por esta razón, se optó por el método racional para el cálculo del caudal de diseño.

8.4.4.1 Método Racional. Es un método donde el caudal resultante es directamente proporcional a la intensidad sin tomar en cuenta la infiltración y evaporación calculadas por el coeficiente de escorrentía. También se dice que el tiempo de concentración es similar a la duración de la lluvia. (Manosalve, 1995) .

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad de precipitación (mm/h)

A: área de la cuenca (km²)

8.4.4.2 Coeficiente de escorrentía. Para determinar el valor más aproximado de la escorrentía se optó por el factor K, que describe las características del área de diseño, dando una puntuación sobre 100 a cada descripción del terreno, finalmente se sumara y cotejara con los rangos del factor k; proporcionando un rango del coeficiente de escorrentía. En la siguiente tabla se realiza la evaluación del factor k para nuestro estudio hidrológico:

Tabla 97*Coefficiente de Escorrentía (factor K)*

	Valores de k			
	40	30	20	10
Relieve del terreno	Muy accidentado Pendientes superiores al 30%	Accidentado Pendientes entre el 10% y el 30%	Ondulado Pendientes entre el 5% y el 10%	Llano Pendientes inferiores al 5%
Permeabilidad del suelo	Muy Impermeable Roca	Bastante Impermeable Arcilla	Bastante permeable Normal	Muy permeable Arena
Vegetación	Ninguna	Poca Menos del 10% de la superficie	Bastante Hasta el 50% de la superficie	Mucha Hasta el 90% de la superficie
Capacidad de almacenaje de agua	Ninguna	Poca	Bastante	Mucha
Total Suma		55		
Valor de K entre	75-100	50-75	30-50	25-30
Valor de C	0.65-0.80	0.50-0.65	0.35-0.50	0.20-0.35

Elaborado por: Autores, 2021

El coeficiente de escorrentía del terreno se encuentra en el rango de 0.50 – 0.65, por lo tanto, se tomará un promedio para obtener un solo valor que es 0.575, que servirá para el cálculo del caudal de diseño.

Mientras que el valor asumido de escorrentía de la calzada es de 0.85, viene dado por

Tabla 98*Coefficiente de Escorrentía para diferentes tipos de Terreno*

Tipo de terreno	Coefficiente de escorrentía
Pavimentos de adoquín	0.50 – 0.70
Pavimentos asfálticos	0.70 – 0.95
Pavimentos de hormigón	0.80 – 0.95
Suelo arenoso con vegetación y gradiente 2% - 7%	0.15 – 0.2
Suelo arcilloso con pasto y gradiente 2% - 7%	0.25 – 0.65
Zonas de Cultivo	0.20 - 0.40

Fuente: (MOP - 001-F, 2002)

8.4.5 Drenaje longitudinal

Constituye las diferentes obras hidráulicas a lo largo del eje longitudinal de la vía, su función es evacuar la escorrentía producida por la precipitación sobre la vía y en las áreas aledañas; entre las obras tenemos: cunetas, contra cunetas o zanjas de coronación, zanjas de pie o base de terraplenes.

8.4.5.1 Diseño de cunetas. El objetivo es captar los flujos de escorrentía superficial procedente de taludes de corte y de la calzada de la carretera, guiándoles longitudinalmente por la carretera hasta consolidar un seguro cauce natural a una obra transversal. (Posso Prado, 2009, pág. 4). Para el diseño hidráulico se fundamenta en canales abiertos con flujo uniforme, por lo tanto, el calado y la velocidad de flujo se conserva igual en la distancia de la cuneta; por consiguiente, se utiliza la ecuación de Manning:

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

Dónde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Área hidráulica de la sección (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente longitudinal (será igual a la pendiente de la vía) (m/m)

A su vez:

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

Dónde:

A = Sección de la cuneta (m²)

P = Perímetro mojado (m)

Establecida la ecuación de Manning se procede a describir cada variable que interviene en el diseño:

8.4.5.1.1 *Coefficiente de rugosidad de Manning*. El coeficiente es un parámetro de rozamiento por el cual los valores se calcularon experimentalmente por diferentes materiales de revestimiento para canales abiertos, a continuación, en la siguiente tabla:

Tabla 99

Coefficientes de rugosidad de Manning (n)

Tipo de superficie	n
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa.	0.02
En tierra ordinaria, superficie irregular	0.025
En tierra con ligera vegetación	0.035
En tierra con vegetación espesa	0.04
En tierra excavada mecánicamente	0.028
En roca, superficie uniforme y lisa	0.03
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0.035
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0.016
Paredes de hormigón, fondo de grava	0.017
Revestimiento bituminoso	0.016

Fuente: (Lemos, 2000, pág. 10)

8.4.5.1.2 *Relaciones geométricas*. Las correlaciones geométricas y la capacidad hidráulica de las cunetas rectangulares y triangulares se muestran a continuación:

Tabla 100

Tipo de Cuneta o Canal Rectangular

Relaciones Geométricas	
Espejo de agua	B
Área	B*h
Perímetro mojado	B+2h
Radio hidráulico	$\frac{B * h}{B + 2h}$

Elaborador por: Autores, 2021.

Donde:

Espejo de Agua: Es la distancia de la superficie de flujo entre las paredes del canal

Área: es el sector de la estructura ubicada transversalmente.

Radio hidráulico: es la correlación entre el área transversal y el perímetro mojado.

Perímetro mojado: es el sector en contacto con el agua de forma longitudinal.

8.4.5.1.3 *Velocidad máxima y mínima.* La normativa (MOP - 001-F, 2002), insta la velocidad mínima recomendable de 0.25 m/s esto previniendo la sedimentación y la velocidad máxima de 4.50 m/s para flujos revestidos de hormigón; para prevenir la erosión de las paredes del cauce. Se utilizará la ecuación de Manning para el cálculo de la velocidad media.

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

Dónde:

V = Velocidad del agua en el cauce (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente longitudinal (m/m)

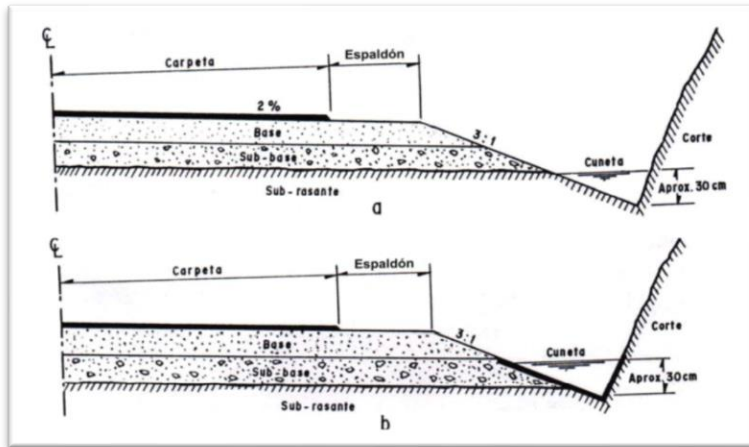
8.4.5.1.4 *Otras consideraciones de diseño*

- Capacidad de la sección: Se recomienda que, en el diseño de la sección de la cuneta, el flujo no rebase el 80% de la capacidad de la sección.
- Revancha: Se recomienda entre un 5% y un 30% de la altura de agua como protección
- Longitud: Se recomienda que la longitud máxima no de la cuneta sea entre 150 y 200 m
- Concentración de flujos: Cuando exista concentración de flujos en las áreas drenantes, se recomienda utilizar una estructura de drenaje transversal

- Disposición de la cuneta respecto al pavimento: Se recomienda que el nivel del agua en la cuneta este por debajo del nivel de la base del pavimento en cunetas revestidas (b) y por debajo de la Sub-base en cunetas no revestidas (a).

Figura 41

Disposición de la cuneta respecto al pavimento



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

A continuación, se presenta la tabla de diseño de Cuentas:

Tabla 101

Parámetros de diseño de cunetas 1

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Long. Tramo	So	Ancho calzada	Ancho berma	Área de tramo (km ²)		
		Abs. Inicial	Abs. Final					Talud	Calzada	Berma
m.s.n.m	m.s.n.m			m	m/m	m	m			
788.27	779.08	0	120	120	7.66	3	0.6	0.00005312	0.00036	0.000072
779.08	773.42	120	200	80	7.08	3	0.6	0.00000032	0.00024	0.000048
773.42	770.00	200	440	240	1.42	3	0.6	0.00125961	0.00072	0.000144
770.00	757.60	440	600	160	7.75	3	0.6	0.00353885	0.00048	0.000096
757.60	743.60	600	700	100	14.00	3	0.6	0.00237124	0.0003	0.00006
743.60	738.00	700	788.55	88.55	6.32	3	0.6	0.00193	0.00026565	0.00005313
Brazo de río Andoas										
(Puente 0+792.00 m – 0+812.00 m)										
738.00	740.50	808.55	885	76.45	3.27	3	0.6	0.00278809	0.00022935	0.00004587
740.50	746.54	885	945.36	60.36	10.01	3	0.6	0.0010175	0.00018108	3.6216E-05
746.54	750.36	945.36	1020.36	75	5.09	3	0.6	0.00072294	0.000225	0.000045
750.36	738.71	1020.36	1180	159.64	7.30	3	0.6	0.00010017	0.00047892	9.5784E-05
738.71	730.98	1180	1260.44	80.44	9.60	3	0.6	0.00016212	0.00024132	4.8264E-05

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 102*Parámetro de Diseño de Cunetas 2*

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Intensidad	Caudal diseño cuneta				Manning	Altura efectiva
		Abs. Inicial	Abs. Final		mm/h	Q. Talud (m ³ /s)	Q. Cals (m ³ /s)	Q. Espaldón (m ³ /s)		
788.27	779.08	0	120	166.952754	0.00141763	0.014	0.003	0.018	0.02	0.25
779.08	773.42	120	200	166.952754	8.54E-06	0.009	0.002	0.011	0.02	0.25
773.42	770	200	440	166.952754	0.03361571	0.028	0.006	0.068	0.02	0.25
770	757.6	440	600	166.952754	0.0944427	0.019	0.004	0.117	0.02	0.25
757.6	743.6	600	700	166.952754	0.06328223	0.012	0.002	0.077	0.02	0.25
743.6	738	700	788.55	166.952754	0.05150668	0.01	0.002	0.064	0.02	0.25
Brazo de río Andoas								0.356		
(Puente 0+792.00 m - 0+812.00 m)										
738	740.5	808.55	885	166.952754	0.07440687	0.009	0.002	0.085	0.02	0.25
740.5'	746.54	885	945.36	166.952754	0.02715443	0.007	0.001	0.036	0.02	0.25
746.54	750.36	945.36	1020.36	166.952754	0.01929339	0.009	0.002	0.03	0.02	0.25
750.36	738.71	1020.36	1180	166.952754	0.00267328	0.019	0.004	0.025	0.02	0.25
738.71	730.986	1180	1260.44	166.952754	0.00432656	0.01	0.002	0.016	0.02	0.25

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 103*Cálculo de cunetas- Sección rectangular*

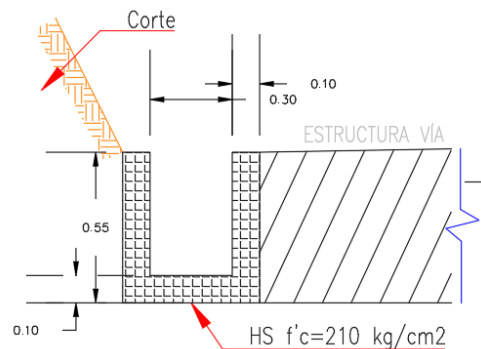
Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Sección Rectangular		Radio hidráulico	Caudal Capacidad	Velocidad Capacidad	Caudal al 80%
m.s.n.m	m.s.n.m	Abs. Inicial	Abs. Final	Base (m)	Área (m²)	(m)	(m³/s)	(m/s)	(m³/s)
788.27	779.08	0	120	0.3	0.075	0.094	0.214	2.856	0.171
779.08	773.42	120	200	0.3	0.075	0.094	0.206	2.745	0.165
773.42	770	200	440	0.3	0.075	0.094	0.092	1.232	0.074
770	757.6	440	600	0.3	0.075	0.094	0.215	2.873	0.172
757.6	743.6	600	700	1.3	0.325	0.181	1.942	5.976	1.554
743.6	738	700	788.55	0.3	0.075	0.094	0.195	2.595	0.156
Brazo de río Andoas							2.445	12.676	
(Puente 0+792.00 m - 0+812.00 m)									
738	740.5	808.55	885	0.3	0.075	0.094	0.14	1.866	0.112
740.5'	746.54	885	945.36	0.3	0.075	0.094	0.245	3.264	0.196
746.54	750.36	945.36	1020.36	0.3	0.075	0.094	0.175	2.329	0.14
750.36	738.71	1020.36	1180	0.3	0.075	0.094	0.209	2.787	0.167
738.71	730.986	1180	1260.44	0.3	0.075	0.094	0.24	3.197	0.192

Elaborado por: Autores, 2021.

8.4.5.2 Sección típica de la cuneta Rectangular. Se concluye que la sección hidráulica calculada es menor a la recomendada por la normativa (MOP, 2003), se acoge la sección mínima por consiguiente se repara la seguridad y las condiciones hidráulicas, a continuación, se presenta:

Figura 42

Dimensiones mínimas de la cuneta



Elaborado por: Autorres, 2021.

Se determinó que el alineamiento a partir de la abscisa 0+760.00 m hasta la 0+792.04 m y desde la abscisa 0+812.00 m hasta la 0+840.00 m; existe un aumento de la velocidad en las cunetas por incremento de la pendiente, superando la permisible en la norma vigente, que puede provocar daños graves en la estructura por cavitación, al estar ese tramo de vía comprendida por taludes en ambos lados.

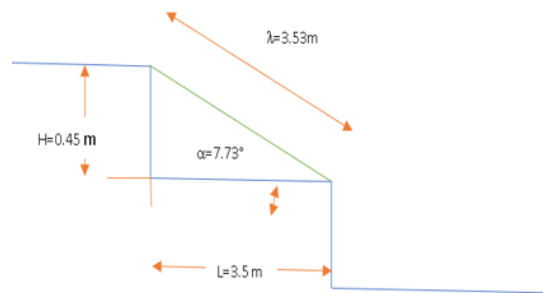
Se optó por realizar un dissipador de energía, asociado con la disposición de gradas o escalones, el gasto es menor y los escalones son grande; por lo tanto, se aprecia un flujo en cascada denominado también “flujo en escalera”.

8.4.5.3 Disipador de Energía

8.4.5.3.1 Escalones. Se describe una progresión de gradas que fundamentalmente tiene una huella de longitud “L”, una contrahuella de altura “H”, para una pendiente “ α ” de la superficie que relaciona las esquinas de las gradas, Las esquinas se ubican a un espacio igual a “ λ ”.

Figura 43

Dimensión del escalón



Elaborado por: Autores, 2021.

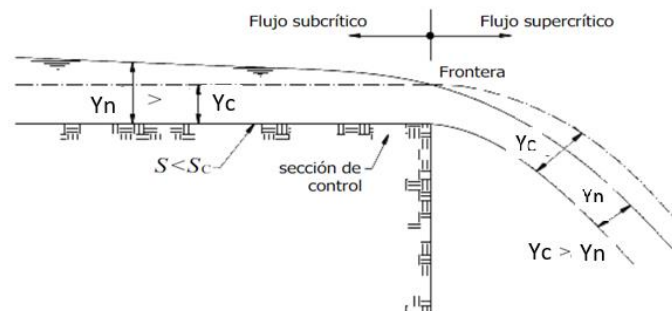
8.4.5.4 Dimensionamiento geométrico del canal. En definitiva, el fondo escalonado tiene como fin garantizar una disipación de energía eficiente.

Según (Matos, 2000), recomienda que la altura óptima del escalón sea igual a:

$$h_{opt} = 0.3 \times y_c$$

Figura 44

Presencia de la profundidad crítica en caída vertical (escalón)



Fuente: (Ruiz P. R., 2008)

8.4.5.5 Pérdida de la Energía. “En el resalto la pérdida de energía es iguala a la diferencia de las energías antes y después del resalto.” (Chow, 1994, pág. 388)

$$\Delta E = E1 - E2$$

La pérdida de energía en los escalones ubicados en la mitad es casi similar a la altura de la grada, la pérdida total de energía es similar a la diferencia entre la carga máxima y la carga residual en el final del canal (Chow, 1994); por consiguiente, se utiliza la ecuación:

$$E = yc * \cos \alpha + \alpha c * \frac{v_c^2}{2g}$$

Donde:

α = es el ángulo de la rápida con respecto a la horizontal

αc = es el coeficiente de Coriolis

Se obtiene la ecuación:

$$E1 = \frac{2}{3} * yc + \Delta$$

En resumen el comportamiento de un flujo escalón por escalón se da poco antes de la caída libre y debido a la reducción del tirante; provocando una alteración de flujo de Subcrítico a supercrítico, la velocidad del flujo cambia y por realizar en tan poca distancia la aceleración que se tiene es súbita; una vez que sale del escalón, en la caída libre el flujo se acelera durante su tránsito hasta estrellarse con la grada o con el mismo fluido, donde se produce una primera disipación de energía, a lo que le sigue una turbulencia, sucesiva recirculación y desplazamiento de este; por medio de un salto hidráulico al final del nuevo escalón (Del Toro Ávila, 2013)

Por lo tanto, se muestran las ecuaciones que calculan el tipo de flujo en una rápida escalonada y que utilizaran para el diseño.

Yasuda y Ohtsu (1999), analizaron los resultados obteniendo: por la cantidad de energía que se desee disipar.

$$\frac{yc}{h} = \frac{(1.43 - \frac{h}{l})^{0.26}}{1.4} \text{ si } 0.1 \leq \frac{h}{l} \leq 1.43$$

Chanson (2002), desarrolla la siguiente ecuación,

$$\frac{yc}{h} = 0.89 - 0.4 * \frac{h}{l} \text{ para } 0.5 \leq \frac{h}{l} \leq 1.7$$

8.4.5.6 Comprobación de la Rápida Escalonada. Para este tipo de chequeo (Chanson, 2002), define la siguiente relación:

$$\Delta yc < 10$$

Donde:

Δ : es la diferencia de altura del canal.

yc : s el tirante crítico

Se diseñó una rápida de tipo escalonada al cumplir con la relación antes mencionada.

8.4.5.7 Límites de diseño para flujo escalonado. En el diseño del canal se examinó que se obtendrá una mejor disipación de energía si se tiene un salto hidráulico entre escalón y escalón. La disipación de energía con un salto hidráulico formado es similar a la altura del escalón (Chanson, 2002).

- Límite superior

$$\Delta E \leq \Delta - yc$$

- Límite inferior

$$\Delta E \leq \Delta - 2.9yc$$

Los límites establecidos permiten mantener el flujo escalonado en el canal dimensionado, caso contrario el tipo de flujo será rasante.

Para realizar el cálculo se mencionan los parámetros base:

- Caudal de entrada Q (m^3/s)
- Diferencia de cotas Δ (m)
- Pendiente natural del terreno i (m/m)
- Ancho del canal B (m)

Se asumirán los valores de la altura y longitud de la huella del escalón, criterio que está dado por la experticia del constructor por lo que se recomienda valores múltiplos de 0.05m y para a energía que se desee disipar.

Tabla 104*Dimensionamiento Caudal y Calados*

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Caudal Unitario	Calado Crítico	Restricción	Chanson (2002)	Ohtsu & Yasuda (1999)	Optimo	
		Abs. Inicial	Abs. Final			para el uso del perfil escalonado				
m.s.n.m	m.s.n.m			qu	Yc (m)	$\Delta/y_c < 10$	Yc/h	Yc/h		
757.60	743.60	600.00	700.00	8.14925516	1.89171457	7.40069366	Correcto	0.834	0.763177027	0.763177027

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 105*Dimensionamiento de los escalones*

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Dimensionamiento	h opt	h asumido	I	I asumido	h/l asumido	∞d
m.s.n.m	m.s.n.m	Abs. Inicial	Abs. Final	$h=Yc/Yc/h$	$0.3Yc$	m	h/h/l	m		
757.6	743.6	600	700	2.47873626	0.56751437	0.7	5	5	0.14	7.09612938

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 106*Cálculo de Huellas y Contrahuellas*

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Número	Numero	Hd	Ld	Lr	Yc/h	0.89-0.4h/l	1.20-0.325*h/l
m.s.n.m	m.s.n.m	Abs. Inicial	Abs. Final	de Contrahuellas	de huellas	(m)	(m)	(m)			
757.6	743.6	600	700	20	19	14	95	96.03	0.76	0.83	1.15

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 107*Cálculo de la Energía Disipada*

Cota inicio	Cota fin	Abscisa		Calado en la Orilla del escalón	Longitud de la caída	Profundidad del Flujo en el escalón	Calado conjugado menor	Energía al inicio del disipador	Energía disipada	Energía al pie del disipador	Porcentaje de Energía disipada
m.s.n.m	m.s.n.m	Abs. Inicial	Abs. Final	Yb(m)	Lc (m)	Yp (m)	Ycm (m)	E1 (m)	ΔE (m)	E2(m)	%
757.6	743.6	600	700	1.35	0.61	0.19	0.03	6.86	3.71	3.15	54.05

Elaborado por: Autores, 2021

Los resultados principales del proceso de cálculo determinantes para llevar a cabo para la construcción son:

- Altura de huella (h) = 0.7 m
- Longitud de escalón (l) = 5m
- % de energía disipada ($\% \Delta E$) = 54.05%

El diseño de la rápida escalonada presenta una disipación de energía mayor al 40%, que con valores menores se deberá asumir otro tipo de diseño como rápidas lisas con dados o dinteles que dependen del proyecto, en definitiva, para las abscisas 0+600 m hasta 0+700 m tiene una disipación del 54.05%.

8.4.6 Drenaje transversal

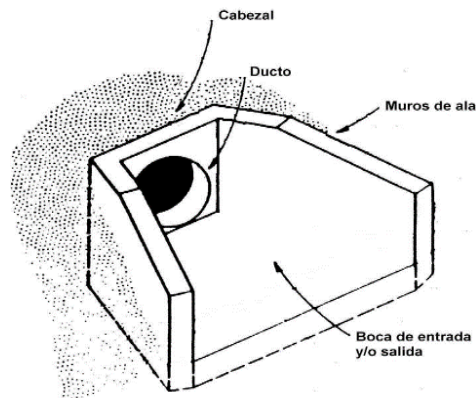
Conforma las distintas obras hidráulicas para desocupar el agua de la carretera de forma transversal, existen dos tipos, el de bombeo que posee la pendiente de la calzada que abandona el agua de la plataforma hacia las cunetas y las alcantarillas; que facilita que el agua que fluye por un cauce llegue a la carretera, pueda transitar sin ocasionar daños.

Alcantarilla

Se define como el diámetro más económico que deja el paso del flujo de diseño, los más importantes son secciones de cajón y circulares que permite el tránsito del cauce de un lado al otro de la carretera.

Figura 45

Elementos de una alcantarilla



Fuente: (MOP, 2003, pág. 280)

TABLA 108*Condiciones Generales de Diseño para Alcantarillas*

Parámetro	Recomendación
Localización	Las alcantarillas se obligarán a construirse en lo posible siguiendo el alineamiento, cotas de nivel y pendiente del cauce, ayudando al tránsito libre y disminuyendo problemas de erosión.
Alineación	Se considera adecuado rehuir que el flujo cambie de dirección en cualquiera de las salidas de la alcantarilla por que se almacenaría el flujo, estimulando un embalse y el derrumbe del terraplén. Por lo tanto, corresponde proporcionar al cauce una entrada y salida directa.
Pendiente	Para rehuir la sedimentación, la pendiente mínima es de 0.5 por ciento, es recomendable que la base de la alcantarilla concuerde con el nivel del cauce, aguas arriba y aguas abajo.
Longitud	La longitud a la entrada y salida deberá ser suficiente para que no sean obstruidos por sedimentos ni tampoco cubiertos por el terraplén.
Velocidad de la corriente.	La velocidad a la entrada y/o salida deben confrontarse con la máxima velocidad permisible del material de la sección. Cuando la velocidad de salida sea muy alta o el material de la sección es delicado a la erosión, podrían necesitar de disipadores de energía a la salida.
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: Disponer de un bordo libre mínimo de 1,00 m, medido desde el nivel de la rasante La carga en la entrada no debe ser mayor a 1,2 veces la altura del ducto.

Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003, págs. 285-290)

8.4.6.1 Selección del tipo de alcantarilla. Participa el diseño estructural y funcionalidad hidráulica, por lo tanto, el aspecto económico, que tiene como factores la altura del terraplén, forma de la sección del cruce, características del subsuelo, materiales disponibles en la zona, tipificación de las estructuras y sus dimensiones.

8.4.6.2 Determinación del caudal de diseño. Por su origen el caudal puede proceder de:

8.4.6.2.1 Cunetas

- Caudales relativamente bajos

- Suma de los caudales transportados por todas las cunetas
- Diseño igual a un canal

8.4.6.2.2 Cruce de corrientes

- Caudales relativamente altos
- El diseño debe evaluar el funcionamiento bajo control de entrada y salida
- Métodos hidrológicos: Método racional, Método SCS o Análisis frecuencial

Para el proyecto se utilizará caudales provenientes de las cunetas, porque la microcuena que interviene en el proyecto será utilizada en otro estudio de diseño de puente.

Tabla 109

Caudales de diseño para alcantarillas

Nº.	ABSCISA	Q. Cunetas (m ³ /s)	Q alc (m ³ /s)	Q diseño (m ³ /s)
1	0+120	0.018		0.018
2	0+200	0.011	0.714	0.725
3	0+1180	0.025		0.025

Elaborado por: Autores, 2021

8.4.6.3. Dimensionamiento Hidráulico. Para el diseño de obras de arte menor del drenaje transversal se toma como flujo uniforme en conductos cerrados con control de entrada y superficie libre por consiguiente parcialmente llena. (Chow, 1994).

Según (Lemos, 2000), para empezar el diseño se pre dimensiona la sección transversal utilizando la ecuación para alcantarilla circular.

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

Donde:

Q: caudal de diseño, m³/s

D: Diámetro de sección circular, m

So: pendiente de la línea de energía, m/m

Para instaurar las dimensiones geométricas de la sección para las alcantarillas se necesita de la fórmula de Manning para canales abiertos y tuberías; por ser el proceso más requerido, facilita calcular la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme; mediante la siguiente ecuación.

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

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

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: caudal de diseño, m³/s

n: coeficiente de rugosidad de Manning,

n=0.024 para alcantarilla de acero corrugado

V: velocidad del flujo, m/s

A: área de la sección hidráulica, m²

R: radio hidráulico, m

P: perímetro mojado, m

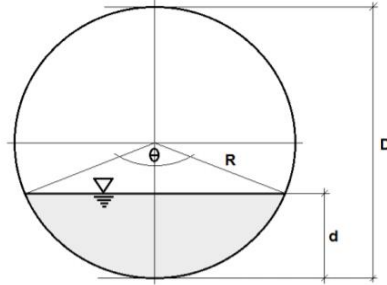
So: pendiente de la línea de energía, m/m

8.4.6.3.1 Borde Libre. Para el diseño hidráulico se recomienda como borde libre mínimo el 20% del diámetro, por lo que disminuye el riesgo de obstrucción, teniendo problemas hidráulicos, por consiguiente, es un factor fundamental en el diseño. (Lemos, 2000).

A continuación, se realiza el análisis de las propiedades geométricas para tubería parcialmente llena:

Figura 46

Sección Hidráulica parcialmente llena



Elaborado por: Autores, 2021.

El ángulo central (θ) (en grados sexagesimales):

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2d}{D} \right)$$

A_h = área hidráulica del fluido en sección parcialmente llena (m²)

$$A_h = \theta \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) * \frac{D^2}{8} ; \theta = \text{radianes}$$

P_h = perímetro hidráulico del fluido en sección parcialmente llena (m)

$$P_h = \frac{\theta D}{2} ; \theta = \text{radianes}$$

R_h = radio hidráulico del fluido en sección parcialmente llena (m)

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

v_h = velocidad del fluido en sección parcialmente llena (m/s)

$$V_h = \left(1 - \frac{180 \text{sen } \theta}{\pi \theta} \right)^{2/3} * \left(\frac{1}{\frac{2}{4^3}} \right) * \frac{1}{n} * D^{\frac{2}{3}} * i_s^{\frac{1}{2}} ; \theta = \text{grados}$$

Q_h = caudal del fluido en sección parcialmente llena (m³/s)

$$Q_h = \left(\frac{\pi \theta}{360} \right) * \left(1 - \frac{180 \text{sen } \theta}{\pi \theta} \right)^{\frac{5}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{5}{4^3}} \right) * \frac{1}{n} * D^{\frac{8}{3}} * i_s^{\frac{1}{2}} ; \theta = \text{grados}$$

8.4.6.4.3 Cálculo del tirante normal y crítico. Existe una variedad de procesos que generalmente utilizan tablas y gráficas, pero no son precisas, por consiguiente, se usó estos dos procesos empíricos que tienen menos grado de error del 0.27%, definiéndole como aceptable.

Tabla 110

Métodos de Cálculo del Tirante Crítico y Normal

Autor	Ecuación
Srivastava (2008)	$\frac{Y_n}{D} = 1.56\theta_c^{0.4666}(1 - 0.565(0.3353 - \theta_c)^{0.4971})$ $\theta_c = \left(\frac{Qn}{D^{\frac{8}{3}}\sqrt{S_0}}\right)$ <p>Donde: Q: caudal de diseño, m³/s D: diametro del conducto circular, m n: coeficiente de Mannig</p>
Vatankhah y Easa (2012)	$\frac{Y_c}{D} = (1 + 13.6\left(\frac{Q^2}{gD^5}\right)^{-2.2235} - 13\left(\frac{Q^2}{gD^5}\right)^{-2.2})^{-0.2256}$ <p>Donde: Q: caudal de diseño, m³/s D: diametro del conducto circular, m g: gravedad, 9.81 m/s²</p>

Elaborado por: Autores 2021, Fuente: (Congreso Nacional de Hidraulica, 2012)

8.4.6.4.4 *Estados de flujo en canales abiertos.* Para que se acumule la mínima cuantía de sedimentos y se produzca una auto limpieza, por consiguiente, se obtuvo un flujo subcrítico con las siguientes características:

- Fuerzas inerciales, menores a fuerzas gravitacionales
- Pendientes y velocidades bajas
- Profundidad alta
- Numero de Froude menor a 1

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * T}}$$

Donde:

Fr: Número de Froude

V: Velocidad, m/s

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

T: Ancho de lámina de agua libre, m

- Muro de Cabecera

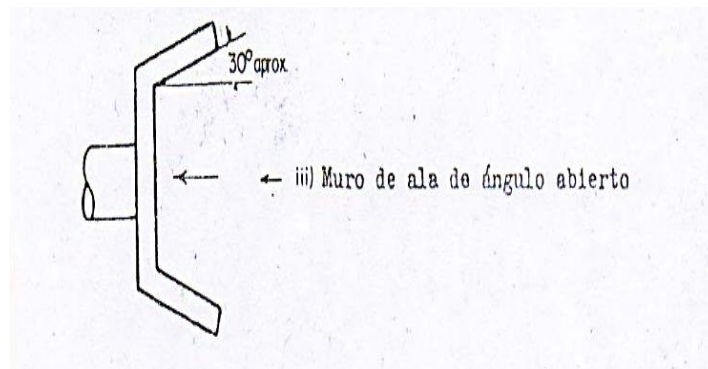
En la normativa (MOP NEVI-12 Libro B, 2013) se menciona tipos de muros de cabecera, dentro de estos se optó por el muro de ala de ángulo abierto:

“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).” (pág. 306)

El muro seleccionado se observa en la siguiente figura:

Figura 47

Muro de Cabecera

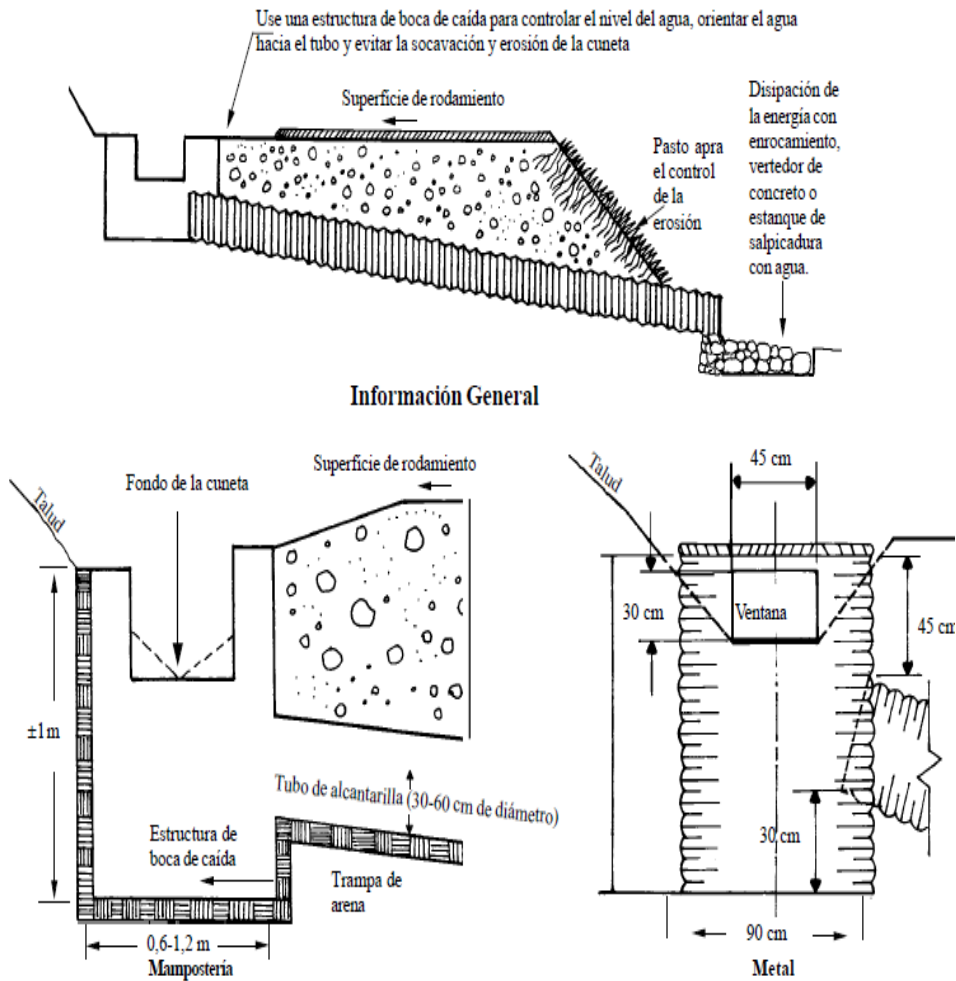


Fuente: (MOP NEVI-12 Libro B, 2013, pág. 307)

- Tipos comunes de estructuras de boca de caída.

Figura 48

Secciones típicas de cabezal tipo cajón

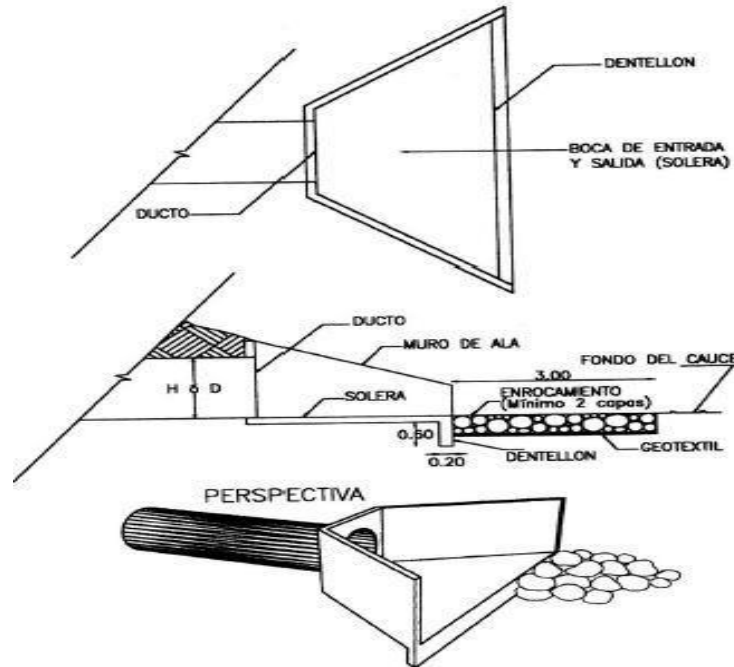


Fuente: (Gordon & Sherar, 2004, pág. 62)

- Elementos que componen los muros de cabecera en las alcantarillas.

Figura 49

Detalles de protección a la entrada y salida de las alcantarillas



Fuente: (MOP, 2003, pág. 307)

8.4.6.4.6 Control de entrada y salida de alcantarillas.

- Control de entrada

Para el control de entrada la capacidad de la tubería es superior a la capacidad de la estructura, en este punto el flujo permite una contracción fuerte en la entrada, por consiguiente, el tipo y forma de la entrada son las que determinan la capacidad de la alcantarilla. (Posso Prado, 2009, pág. 4).

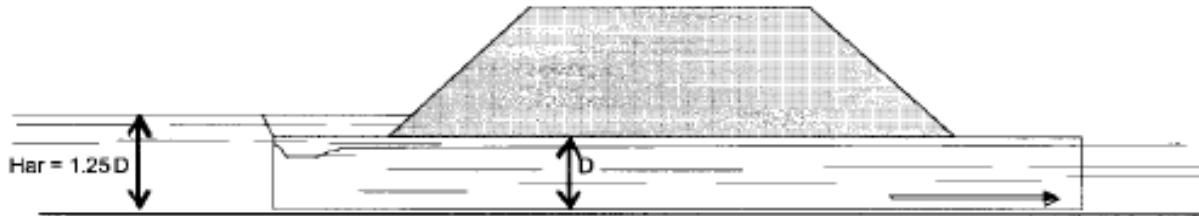
Para el análisis de este tipo de control se debe verificar:

- 1.- 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.

2.- Caso contrario, cuando el nivel del flujo a la entrada de la alcantarilla es tal que $He > 1.25D$ por consiguiente, el conducto trabajara a flujo lleno, luego de sufrir una contracción a la entrada.

Figura 50

Verificación de Control de Entrada



Fuente: (Morales Sosa, 2006, pág. 193)

Para calcular la profundidad del flujo a la entrada del conducto (Morales Sosa, 2006), recomienda la siguiente ecuación:

$$He = dc + (1 + Ke) \frac{V_c^2}{2g} \quad dc = 0.468 \sqrt[3]{\frac{Q^2}{D^2}}$$

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

▪ **Control de salida**

Para el control de salida se puede presentar como conducto lleno o parcialmente, ya sea en un punto o en toda la longitud. (MOP, 2003, pág. 285)

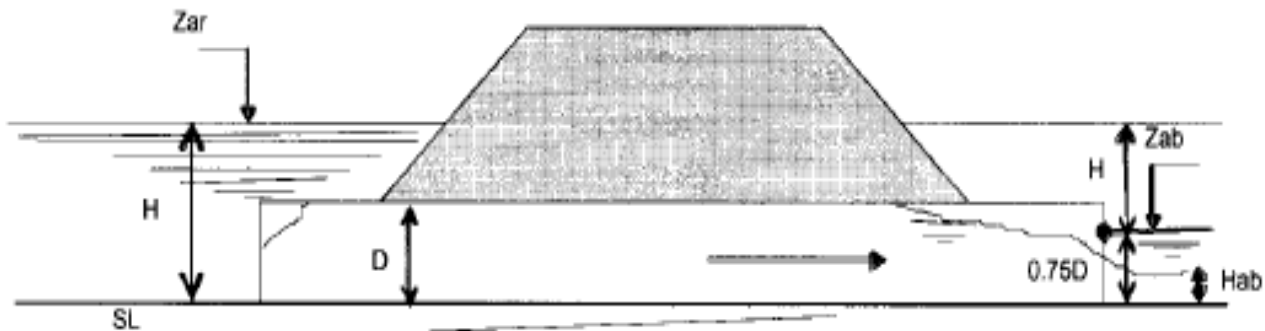
Para el análisis de este tipo de control se debe verificar:

1.- Si el nivel de flujo 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.

2.- Caso contrario cuando el nivel de flujo 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 (Morales Sosa, 2006).

Figura 51

Verificación del Control de salida



Fuente: (Morales Sosa, 2006, pág. 194)

Finalmente, se calcula las pérdidas de carga (HE) en la entrada con la siguiente ecuación:

$$He = H + ho - L * so$$

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

$$H = \left(1 + ke + \frac{2g * n^2 * L}{R^{\frac{4}{3}}} \right) \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

He = Profundidad de agua en la entrada (m)

H = Energía empleada en la obtención de energía de velocidad a la salida, más la pérdida por fricción y pérdidas a la entrada ($h_v + h_f + h_e$)

ho = Profundidad de agua en la salida

L = Longitud de la alcantarilla (m)

S_o = Pendiente de la alcantarilla (m/m)

K_e = Coeficiente de pérdida de carga en la entrada

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning

L = Longitud de la alcantarilla (m)

R = Radio hidráulico (m)

V = Velocidad media en la alcantarilla (m/s)

Para que el flujo trabaje a superficie libre (Morales Sosa, 2006) expresa que se debe cumplir la siguiente condición:

$$HT < (1.20-1.50) D$$

Los resultados del diseño de alcantarillas, tanto velocidades como perdidas de carga se muestran a continuación:

Tabla 111*Parámetros de diseño de las alcantarillas*

N°.	Abscisa	Ø calculo (m)	Ø (m)	Material	n	Elevación (msnm)			Longitud (m)			S (m/m)
						Entrada	Eje	Salida	Entrada	Salida	Total	
1	0+120	0.17578057	1	Metálico	0.024	776.717	776.3585	776	3.7	8	11.7	6.13
2	0+200	0.76320376	2	Metálico	0.024	768.612	767.8915	767.171	13.115	16	29.115	4.95
3	0+1180	0.19954326	1	Metálico	0.024	736.15	736.075	736	3.7	3.7	7.4	2.03

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 112*Propiedades geométricas de las alcantarillas*

N°.	Abscisa	Propiedades Geométricas				Q (m ³ /s)	V (m/s)	V<Vadm
		Angulo Central (rad)	Radio Hidráulico(m)	Área(m ²)	Espejo de agua (m)			
1	0+120	1.405	0.075	0.052	0.646	0.096	0.353	Si cumple
2	0+200	1.566	0.181	0.283	1.411	0.839	2.562	Si cumple
3	0+1180	1.460	0.080	0.058	0.667	0.064	0.435	Si cumple

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 113*Propiedades hidráulicas de las alcantarillas*

N°.	Abscisa	Yc/D	θ_c	Yn/D	Yc	Yn	Número de Freud (Fr)	Tipo de Flujo
1	0+120	0.07397644	0.00178973	0.05483739	0.07397644	0.05483739	0.14001078	Subcrítico
2	0+200	0.19764263	0.0123199	0.13593607	0.39528526	0.27187215	0.68850643	Subcrítico
3	0+1180	0.08680583	0.00427257	0.08244966	0.08680583	0.08244966	0.16990416	Subcrítico

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 114*Pérdida de carga de la alcantarilla*

N°.	Abscisa	he	hv	hf	HT	Hs	HE	hw	HT<hw
1	0+120	0.003167	0.00633401	0.02670247	0.03620348	1.03698822	0.3561917	1.5	Cumple
2	0+200	0.16721018	0.33442036	1.0766805	1.57831104	1.19764263	1.33495367	3	Cumple
3	0+1180	0.00481392	0.00962784	0.02341175	0.0378535	1.04340291	0.93125642	1.5	Cumple

Elaborado por: Autores, 2021

En resumen, se presentan las siguientes obras de drenaje superficial en el tramo estudiado con sus respectivas obras de cabeceras, su detalle y ubicación se encuentra en el **ANEXO N° 8: Planos De Drenaje Vial**, sus dimensiones se basan en los diseños del diámetro de alcantarilla adoptados para cada una.

CAPÍTULO IX

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

9.1 Introducción

En la actualidad es responsabilidad de todos tratar el tema de la conservación del Medio Ambiente y aplicarlo; con el fin de crear conciencia del impacto que genera el desarrollo de los pueblos al buscar mejorar su calidad de vida, sin tomar en cuenta las modificaciones que se realizan a nuestro entorno natural que a futuro pueden ser perjudiciales. Por esta razón, para el presente proyecto vía “Calacalí – La independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas” se realizó el estudio pertinente con el fin de analizar el área de influencia que podría ser afectado en cada una de las fases del proyecto de construcción, operación y mantenimiento vial.

El diagnóstico se realizó dentro del área de estudio, y se observa los recursos naturales existentes y zonas de vulnerabilidad; para posteriormente realizar la respectiva evaluación de los impactos ambientales que influyen directa e indirectamente a la modificación del entorno natural. Finalmente se propone un plan de manejo ambiental y un presupuesto referencial.

9.2 Objetivos

9.2.1 objetivo general

Estructurar un plan de manejo ambiental con sus respectivas medidas prevención, mitigación, y rehabilitación de los impactos ambientales en el área de estudio.

9.2.2 Objetivo específico

- Determinar los componentes ambientales en el área de influencia.
- Identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que se generan durante el proceso constructivo del proyecto.

- Proponer el plan de manejo ambiental y presupuesto referencial

9.3 Descripción del proyecto

El proyecto vía “Calacalí – La independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas”, propone el diseño de una vía tipo camino vecinal con una longitud de 1+260.44 m y un ancho de 6 m; con dos alternativas de estructura de pavimento flexible y granular; construcción de obras de arte menor y su respectiva señalización rigiéndose a las normativas vigentes en todas las áreas.

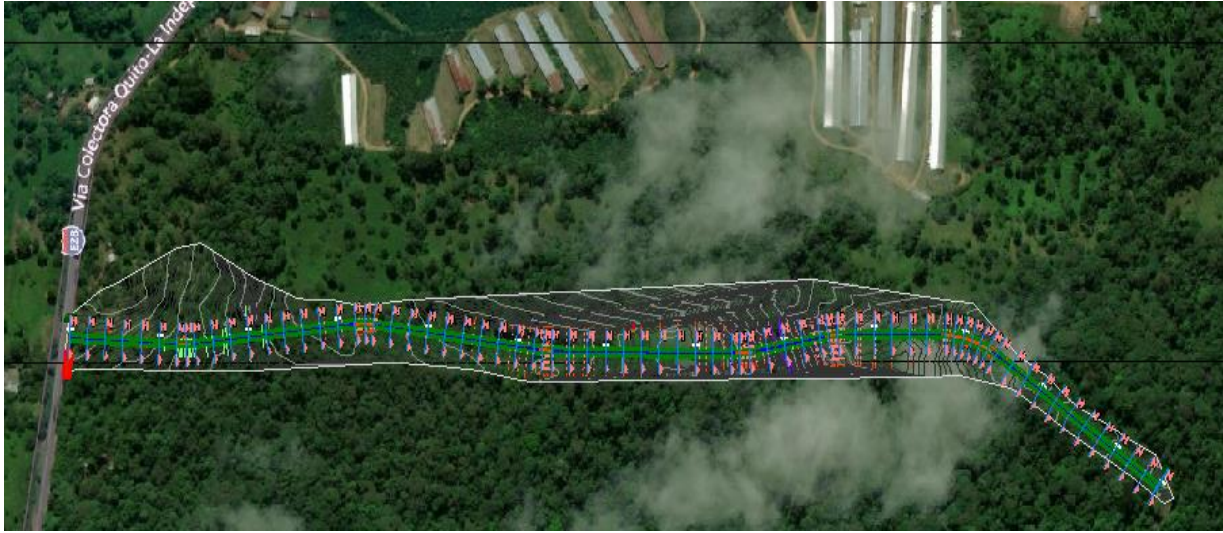
El área del proyecto está ubicada en el Cantón Pedro Vicente Maldonado, específicamente en la Comunidad San Vicente de Andoas. En la actualidad el área de estudio se encuentra cubierta de vegetación natural, en ciertos terrenos pasto cultivado y presencia de ganado vacuno. Es importante mencionar que no existe ningún tipo de camino, ni vía diseñada por esta razón, el presente proyecto es nuevo para el lugar donde se implementara el propósito ubicado a las afueras de la comunidad que cuenta con la presencia de una vivienda y el sistema de Agua potable (tanque de almacenamiento, cuarto de máquinas) en la captación en el Río Chipal Chico dentro del área a intervenir, con respecto a infraestructura vial existente se cuenta con la vía Principal “Calacalí la Independencia”.

9.4 Área de influencia

Para realizar este análisis ambiental se considera dos áreas de influencia, una directa; que es el área propia del proyecto que pertenece a los 25m a cada lado del eje de la vía, en toda su longitud de 8823 m² aproximadamente y un área indirecta; que se considera 100 m a fuera del límite del área de influencia directa porque en sus cercanías no existe población numerosa pero si plantaciones, granjas avícolas y brazos de río; que podrían ser afectados por los impactos ambientales generados en los procesos constructivos.

Figura 52

Área de influencia del proyecto



Elaborado por Autores, 2021.

9.5 Línea Base Ambiental

9.5.1 Medio Abiótico

9.5.1.1 Geología y Geomorfología. El proyecto pertenece a la formación San Tadeo que litológicamente está formada por flujos piroclásticos, conglomerados volcánicos consolidados y no consolidados; con matriz limo-arcillosa y arena limosa. (Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013, pág. 25).

En el área de estudio previo a un estudio geológico se obtiene que a lo largo de la vía se obtiene una única unidad ambiental detallada en la siguiente tabla:

Tabla 115

Unidad ambiental del proyecto

Origen	Forma del relieve		Simb	ha	% *
	Morfología	Morfometría			
Unidad ambiental: Gran Cono Tabular de la Llanura Costera					
DEPOSICIONAL O ACUMULATIVO	Superficie de cono de deyección antiguo	Pend. Dominante 5- 40% Desnivel relativo 5-100m	Cda	773.07	1.19

Fuente: (Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013)

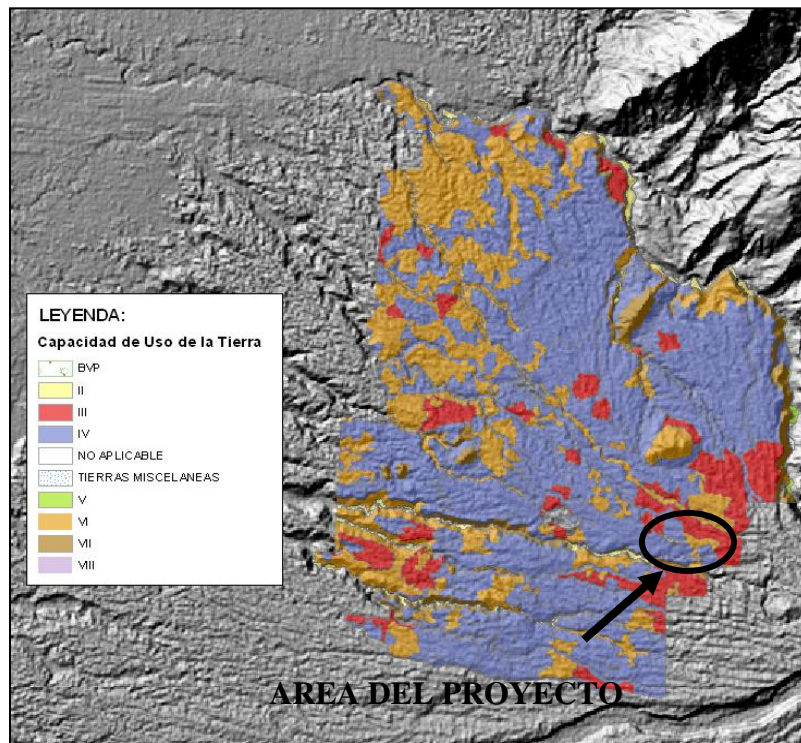
9.5.1.2 Uso de Suelo y Cobertura natural. la capacidad de uso de la tierra para el área de estudio pertenece a una CLASE IV.

Según la (*Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013*), Las tierras de esta clase se encuentran en pendientes suaves (5 – 12 %) y medias (12 - 25 %). Entre las principales características del tipo de suelo de la zona de estudio tenemos:

- ✓ Tierras moderadamente profundas, poco profundas y profundas.
- ✓ texturas: franco, franco limoso, franco arcilloso y franco arenoso.
- ✓ Drenaje natural: bueno a moderado
- ✓ suelos no salinos, y con muy poca pedregosidad.
- ✓ Respecto a la cobertura vegetal natural se encuentran bosques húmedos muy alterados.

Figura 54

Ubicación geográfica de capacidades de uso de la tierra



Fuente: (*Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado, 2013*).

9.5.1.3 Hidrología. El área del proyecto pertenece a la subcuenca del río Blanco que pertenece a la cuenca del río Esmeraldas. Específicamente los ríos que influyen directamente en el estudio como el brazo de Río Andoas, denominado al no contar con información detallada del mismo y el Río Chipal chico que se encuentra ubicado en la captación del sistema de agua potable. “Con respecto a la disponibilidad global de agua durante el año podemos señalar que las tierras de este cantón tienen un balance hídrico neutral”. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 35).

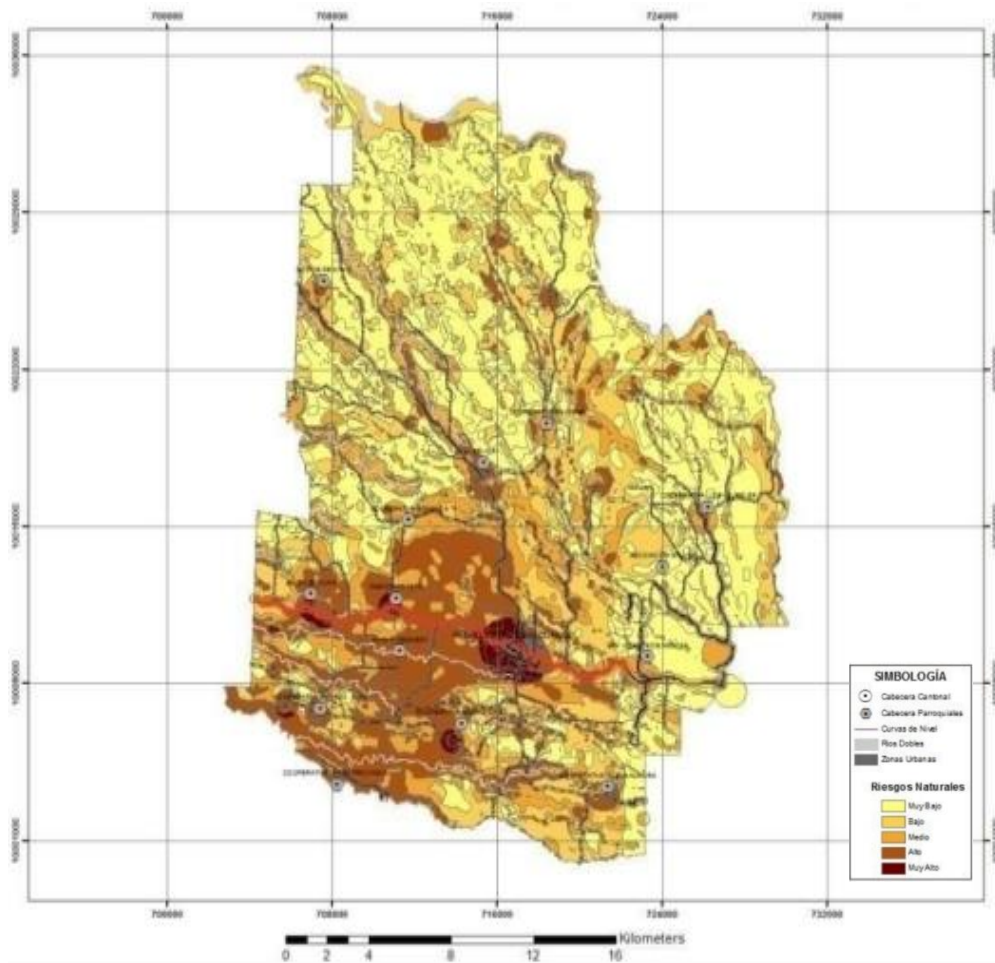
La variación de la precipitación en el área del proyecto se encuentra entre los 3.000 y 5.000 mm. La humedad relativa varía entre los 84.5% y 87.5% con una nubosidad promedio de 8/8 a cielo completamente cubierto. Así como también, presenta un clima húmedo sin déficit de agua, mega térmico o cálido sin registrar mayores cambios de temperatura, con un promedio entre 20°C a 25°C y relativas variaciones en los meses de febrero, marzo, abril y mayo registrando promedios mayores a los 25° C, que coinciden con la época invernal. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 21).

9.5.1.4 Calidad del Aire. Al estar la zona del proyecto a las afueras de la Comunidad San Vicente de Andoas. El tipo de afectación que se origina es principalmente por el volumen de tráfico que se moviliza por la vía principal E 35 y por emisiones industriales aledañas como lo menciona el Plan de desarrollo y Ordenamiento territorial de Pedro Vicente Maldonado,2011.

9.5.1.7 Riegos Naturales o amenazas. El mapa de riesgos proporcionado por (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019) , estima que la mayor parte del cantón tiene un nivel de riesgo muy bajo; este nivel de riesgo cubre aproximadamente un área de 24.364 ha. (pág. 168).

Figura 55

Mapa de riesgos Naturales del Cantón Pedro Vicente Maldonado



Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 168)

9.5.2 Medio biótico

9.5.2.1 Flora. El cantón Pedro Vicente Maldonado es muy biodiverso, presenta gran cantidad de bosques nativo con poca intervención humana, con especies tales como Canelo, Cedro, Fruta de Pan, Matapalos, Uva, Peine de Mono y Palmas. Se tiene también plantaciones forestales con fines industriales que han sido con especies nativas, laurel y pachaco y de especies introducidas como la teca. En mucha menor proporción se han realizado plantaciones de tipo de protección o conservación, en ella se destaca una variedad de bambú gigante (*Phyllostachys bambusoides*).

Como vegetación introducida en la parte agrícola se tienen cultivos intensivos de palmito y de palma africana, que normalmente terminan con la poca vegetación natural que pudiese existir. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 30).

9.5.2.2 Fauna. Dentro del área de estudio existen variedad de especies y dentro de las principales el (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019), menciona:

Mamíferos:

- Raposa (*Didelphis albiventris*)
- Puma (Puma con color)
- Cuchucho (*Nasua larica*)
- Armadillo (*Dasyopus novencinctus*)
- Guanta (Agoutí paca)
- Guatuza (*Dasyprocta punctata*)
- Ardilla (*Sciurus granatensis*)
- Puerco Saíno, Mono
- Oso Hormiguero
- Ratón de Agua, entre otros.

Reptiles: En su mayoría son ranas y sapos, pero también se encuentran caimanes, serpientes y tortugas. (pág. 33).

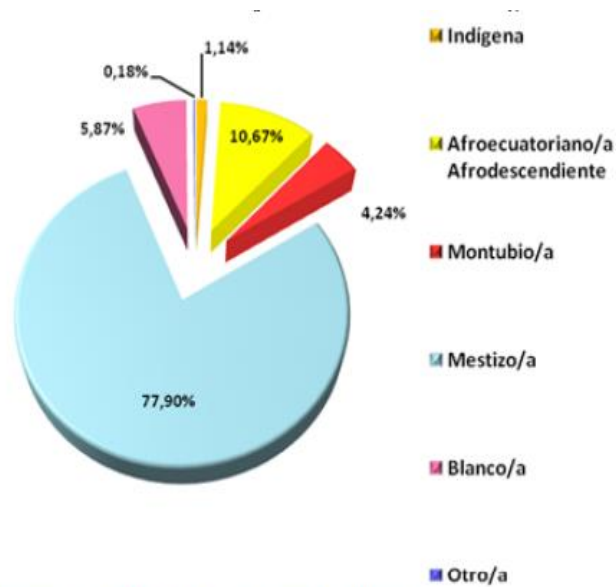
Cabe recalcar una particularidad que se menciona sobre los mamíferos: “que se encuentran disminuyendo su cantidad porque muchas de sus especies son utilizadas como alimentos por los pobladores”. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 30).

9.5.3 Medio antrópico

9.5.3.1 Auto identificación étnica. La auto identificación en el cantón Pedro Vicente Maldonado se presenta con un contundente predominio mestizo con 77,90 %. Este mestizaje es entendido como un proceso complejo de contacto tanto biológico como cultural entre indígenas, blancos, negros, y otros. La población auto identificada como mestiza está ligada a diversas actividades económicas; como la agricultura, la construcción, el ámbito profesional, comercio y servicios. Así también, los grupos blancos con un 5,87%, los auto identificados como afrodescendientes (negros/as y mulatos/as) con el 10,67%, los montubios 4,24 %; los indígenas con 1,14%, y otros con el 0,18%. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 67)

Figura 56

Auto identificación según sus culturas y costumbres



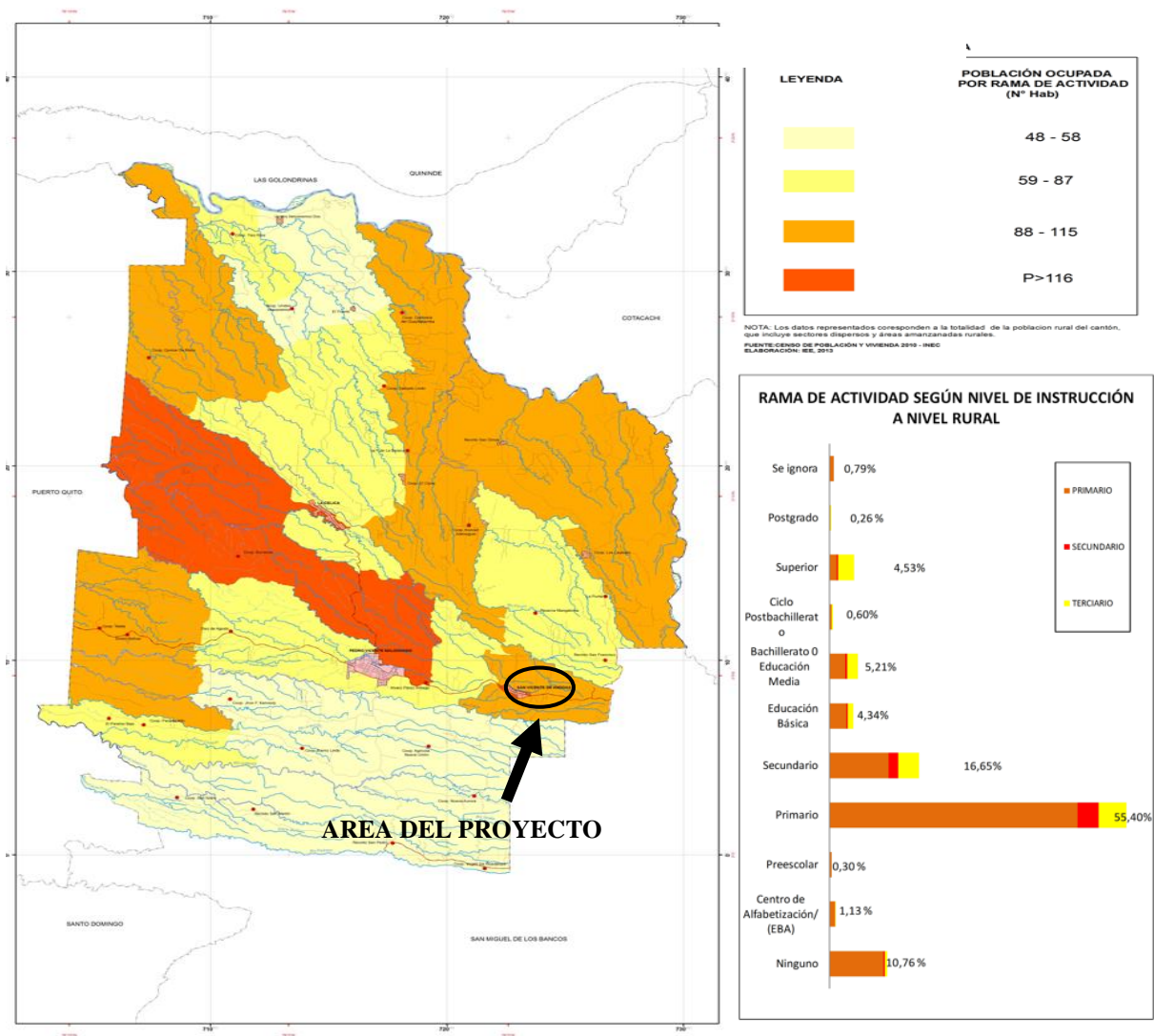
Fuente: IEE 2014 GAD Pedro Vicente Maldonado
ELABORADO: Dirección de Planificación y Territorialidad.

Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 67)

9.5.3.2 Población económicamente activa. El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Vicente Maldonado (2021) presenta el siguiente mapa donde se asigna a nuestra área del proyecto una población activa de 88 -115 años y la actividad según el nivel de instrucción corresponde al 55,40% (pág. 127).

Como se muestra a continuación:

Figura 57
Población ocupada por rama de actividad a nivel rural



Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019)

9.5.3.3 Infraestructura de Viviendas. La Habitabilidad de las viviendas viene dada por el material de construcción de estas, el cantón está en un proceso de desarrollo turístico y empieza a crecer con mayor dinamismo económico y social (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 143).

En la mayor parte de la Comunidad se presentan viviendas de Tipo B: Con pisos de madera sin tratar, paredes de adobe, tapia o madera y techos de asbesto o teja, Se encuentra en la mayor parte de la comunidad de San Vicente de Andoas con el 97.75%, más en el área donde se prevé implementar la vía se encuentra únicamente una vivienda cercana a la vía E28 Calacalí-la Independencia. (INEC, 2010).

9.5.3.4 Educación. El nivel de instrucción más alto dentro del cantón Pedro Vicente Maldonado es el “primario” con 45,01 %, en segundo lugar, se encuentra el nivel “secundario” con 19,93 %. Para nuestro estudio el nivel de instrucción predominante en el Comunidad al ser un área rural es el primario. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 54).

Tabla 116

Nivel de Instrucción de la población de Pedro Vicente Maldonado

Nivel de Instrucción más alto al que asiste o asistió	Total	%
Ninguno	803	7.13
Centro de Alfabetización (EBA)	87	0.77
Preescolar	141	1.25
Primario	5071	45.01
Secundario	2246	19.93
Educación Básica	1328	11.79
Bachillerato -Educación Media	726	6.44
Ciclo Pos-bachillerato	74	0.66
Superior	572	5.08
Postgrado	34	0.30
Se ignora	185	1.64
Total	11267	100.00

Fuente: (INEC,2010).

9.5.3.5 Transporte. Las vías fuera de los centros urbanos en el cantón dan acceso a los diferentes recintos y a los terrenos productivos de los habitantes. Su importancia radica en la capacidad de circulación de las personas y sus rendimientos productivos; que facilita el transporte de los insumos y sus productos obtenidos. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, 2019, pág. 158).

Tabla 117

Vías Rurales Cantón Pedro Vicente Maldonado

ID	Tipo de vía	Longitud (m)	Longitud (km)	%
1	Primer Orden	23.960,74	23.96	3.05
2	Segundo Orden	15.705,17	15.71	2.00
3	Tercer Orden	13.635,63	13.64	1.74
4	Cuarto Orden	188.486,52	188.49	24.01
5	Quinto Orden	105.755,22	105.76	13.47
6	Accesos Privados	437.423,03	437.42	55.72
	Total	784.966,31	784.97	100.00

Fuente: Dirección de Planificación y Territorialidad PVM.

9.6 Identificación y Evaluación de impactos ambientales

A lo largo de cada etapa del proyecto se debe identificar los impactos ambientales generados como se muestra a continuación:

Tabla 118

Identificación impactos ambientales

Etapas del Proyecto	Actividad	Impacto Ambiental	Positivo / Negativo	
1.Construcción		Desbroce de la cobertura vegetal.	Afectación en calidad del suelo.	Negativo
2. Operación	Herramientas	Compactación de la subrasante	Afectación en la calidad del aire.	Negativo
	Maquinaria			
	Equipo	Tendido, compactación y humedeci-	Afectación y alteración del Entorno	
3. Abandono	Herramientas	miento de la base	natural	Negativo
4. Mantenimiento		Tendido y compactación de asfalto	Emisión de gases	Negativo
		Construcción de obras de arte menor	Generación de ruido y vibraciones por parte del equipo y maquinaria.	Negativo
		Generación de escombros y desechos solidos	Alteración en la calidad del agua delo principales afluyente y contaminación visual	Negativo
	Personal	Accidentes laborales	Riesgos en la Salud	Negativo
		Generación de empleo	Mejorar calidad de Vida	Positivo

Elaborado por: Autores, 2021.

9.7 Plan de Manejo Ambiental

Tabla 119

Plan de prevención de impacto Ambientales

Suelo					
Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Desbroce de la cobertura vegetal.	Alteración del uso del suelo y erosión	Se realizará el desbroce mínimo requerido para cada fase del proyecto.	Se mantendrá señalizado los lugares específicos para la recolección y clasificación de estos movimientos de tierra para mantener el área despejada y	Registro Fotográfico	3 mese s
Generación de ruido y vibraciones.	Contaminación acústica	Hacer uso de equipos de protección auditiva Controlar Maquinaria y Equipo homologados y dentro de su vida útil.	Realizar un adecuado mantenimiento de Maquinaria y equipos de trabajo	Correcto uso del Equipo de Protección Individual.	3 meses
Aire					
Alteración de la calidad del aire.	Partículas en suspensión provocadas por las actividades de excavación y transporte de material.	Humedecer el suelo del área intervenida por fase del proyecto. Transporte del Material con sus respectivas cajas cubiertas	Humedecer dos veces al día o dependiendo de la situación amerite con el uso de camiones con tanques cisterna.	Registro Fotográfico	2 meses
Agua					
Alteración en los niveles de calidad del agua	Contaminación temporal en los principales afluentes (brazo de Río Andoas, Chipal Chico) en el área del proyecto	Verificar por parte del encargado de la Obra que se cumpla con los lugares autorizados para la recolección de escombros y desechos solidos	Concientizar y promover el cuidado del recurso hídrico en trabajadores y población aledaña	Registro Fotográfico Registro de Asistencia a charlas de Capacitación	3 meses

Elaborado por: Autores ,2021

Tabla 120*Plan de manejo de desechos*

Aspecto ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)
Generación de Escombros y desechos Sólidos	Contaminación visual generados por los residuos provenientes del uso de material, maquinaria, equipo y toda actividad realizada dentro del proyecto (movimientos de tierras, piedras, desechos de plásticos, cartón, arena, madera) y contaminación temporal de la calidad de agua para los afluentes principales	Todos como seres humanos somos responsables del cuidado del medio ambiente por lo tanto trabajadores y moradores aledaños serán responsables de los residuos generados en el área del proyecto. Se Colocará señalética para la recolección de los mismo, así como también se moverá el respectivo transporte de escombros a los lugares establecidos en la Comunidad	Cada trabajador y personal de limpieza mantendrá el lugar libre de basura y escombros en sus alrededores manteniendo siempre limpio para evitar daños y/o accidentes	Fotografías Registro de generación y manejo de desechos.	3 meses

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 121*Plan de manejo de seguridad laboral y salud ocupacional*

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Riesgos laborales	Accidentes por uso indebido de equipo de protección, falta de señalización en lugares acceso restringido.	Dotación equipos de Seguridad Individual Completos Establecer Normativa para el buen Uso del Equipo de seguridad Individual (Sanciones)	Entrega de quipos de protección individual (EPI) al inicio del proyecto y cuando amerite por desgaste o pérdida	Registro Fotográfico Registro de entrega de los EPI. Registro de Sanciones	Inicio del Proyecto (1er mes)

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 122*Plan de Señalización y seguridad laboral*

Aspecto ambiental	Impacto identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Cobertura total, del área del proyecto con Señalética	Prevenir dentro del área del proyecto, así como también en lugares aledaños a este de cualquier tipo de accidentes.	Señalizar todas las áreas de peligro peatonales Accesos Señalética de prevención detallado en el Capítulo de señalización vial XI	Cubrir toda el área del proyecto con señalética Visible y reflectiva	Registro Fotográfico Registro de asistencia a charlas de capacitación por parte del área de Seguridad Industrial y ocupacional	1 mes

Elaborado por: Autores, 2021

Tabla 123*Plan de socialización comunitaria*

Aspecto ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo (meses)
Información de las Fases del Proyecto	Curiosidad y falta de conocimiento por parte de la Comunidad para poder realizar el proyecto.	Socializar y capacitar dentro del Proyecto a trabajadores basados en los planes de manejo ya mencionados. Realizar un Consejo Directivo de la Comunidad y Encargados de Obra para informar sobre permisos de construcción, utilidad y beneficios que genera a la obra rigiéndose a las Normas Ambientales.	Capacitaciones. Aceptación libre de molestias generadas a la comunidad	Registro Fotográfico Registro de asistencia a charlas de capacitación por parte de Directivos	1 mes

Elaborado por: Autores, 2021.

9.8 Matriz de Leopold

Según (Espinoza, 2001), menciona que este método para identificar las modificaciones del medio, es relativamente fácil ya que nos da una idea preliminar del impacto que genera cualquier tipo de proyecto de construcción identificando su origen. (pág. 114).

Para la elaboración de dicha matriz se debe analizar parámetros principales como la Magnitud e Importancia, que permiten los impactos ambientales generados, como se mencionan a continuación:

9.8.1 Magnitud (M)

(León Peláez, 2014), la define a la valoración como:

“Relativamente objetiva o empírica puesto que se refiere al grado de alteración provocado por la acción sobre el factor medioambiental”. (pág. 18). Para su cálculo se propone la siguiente fórmula:

$$M = a * i + b * E + c * D$$

Donde:

a, b, c = Pesos de cada variable de evaluación vial

a = 0.40, b = 0.35, c = 0.25

9.8.2 Importancia (I)

(León Peláez, 2014), la define a la valoración como:

“Subjetiva, ya que implica atribución de peso relativo al factor afectado en el ámbito del proyecto” (pág. 18). Para su cálculo se propone la siguiente fórmula:

$$I = 3 * i + 2 * E + D + R + Ri$$

En la siguiente tabla se presenta los parámetros necesarios para la obtención de la Magnitud e Importancia.

Tabla 124*Parámetros para calcular la magnitud e importancia- Matriz de Leopold*

Variable	Símbolo	Carácter	V. Asignado
INTESIDAD	i	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
EXTENSIÓN	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
DURACIÓN	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
REVERSIBILIDAD	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
Variable	Símbolo	Carácter	V. Asignado
RIESGO	Ri	Medio	2
		Bajo	1
		Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1

Fuente: (León Peláez, 2014)

Considerando la caracterización de cada parámetro con su respectiva valoración se continúa con el proceso de calificación para cada impacto Ambiental generado las fases del proyecto.

Tabla 125*Cálculo de la magnitud e importancia de los impactos ambientales*

Impacto ambiental Identificado	I	E	D	R	P	Ri	M	I
Desbroce de la cobertura vegetal.	2	1	2	3	3	2	1.7	15
Generación de ruido	1	2	2	1	3	1	1.9	11
Generación de vibraciones.	2	1	2	1	2	1	1.7	9
Generación de gases	2	2	2	1	2	2	2	15
Generación de movimiento de tierras, Escombros y desechos Sólidos	3	2	2	1	3	2	2.4	18
Riesgos laborales	2	2	3	1	2	1	1.25	15
Socialización Comunitaria	2	1	2	1	1	1	2.25	12

Elaborado por: Autores, 2021

En base a la valoración anterior se presenta la siguiente tabla para definir en nivel de impacto general del proyecto, siendo este de nivel medio como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 126

Valoración del Impacto

Importancia	Magnitud	Valoración del Impacto
9 - 14	1.00 - 1.6	Bajo
15 - 22	1.7 - 2.30	Medio
23 - 27	2.4 - 3.00	Alto

Fuente: (León Peláez, 2014).

Para la estructura de la Matriz de Leopold, para evaluar la magnitud del impacto se debe tomar en cuenta si es negativo (-) o positivo (+) y se debe calificar dentro del rango de 1 a 3, identificando a 1 como débil, 2 Moderado y 3 Fuerte y a su vez para la importancia se evaluará en un rango de 1 a 3, identificando a 1 como Baja ,2 Media y 3 Alta, este proceso se realiza para cada impacto identificado. A continuación, se presenta la matriz:

Tabla 127

Matriz de Leopold del proyecto

ACCIONES CAUSANTE DE IMPACTO AMBIENTAL		FACTORES AMBIENTALES								EVALUACIONES		
		Desbroce de la cobertura vegetal.	Generación de ruido	Generación de vibraciones.	Generación de gases	Generación de Escombros y desechos Sólidos	Riesgos laborales	Cobertura total del área del proyecto con Señalética	Información del Proyecto con la Comunidad sobre Proceso y fases de Construcción			
Medio Abiótico	Suelo	-2		-1		-2					-5	4
	Aire	-1			-2	-1			1		-3	7
	Agua	-1		-1	-1	-1			1		-3	7
	Clima				1	-2					-1	2
Medio Biótico	Fauna	-2	-2	-2	-1	-2			1		-6	10
	Flora	-2	-2	-1	-2	-2			1		-6	9
Medio Antropico	Uso y Cobertura del suelo	-2		-1	1	-3					-5	5
	Demografía		-1						2	2	3	5
	transporte						-3		3	2	1	5
Evaluaciones		-10	-5	-6	-4	-13	-3	5	8	8	14	54

Elaborado por: Autores, 2021

9.8.3 Interpretación de resultados

Después de este estudio ambiental se puede observar claramente que las actividades que generan los mayores impactos son los relacionados con excavaciones, movimientos de tierras, escombros y desechos sólidos generados en las etapas del proceso constructivo del proyecto. El medio Biótico es el más afectado porque en el área no se encuentra presencia de población ni viviendas, por esta razón, se propone un proyecto responsable para debilitar cada uno de sus impactos.

CAPÍTULO X

SEÑALIZACIÓN VIAL

10.1 Introducción

El plan de señalización que se detalla en el presente capítulo hace énfasis en la seguridad tanto de los vehículos que hacen uso de la vía, como de los peatones aledaños que transitan. Una señalización eficiente reduce los riesgos de accidentes, motivo por el cual el plan que se propone se rige al Reglamento RTE: INEN 2011. La misma que menciona que toda señalización de tránsito debe satisfacer las siguientes condiciones mínimas para cumplir su objetivo:

- Debe ser necesaria,
- Debe ser visible y llamar la atención,
- Debe ser legible y fácil de entender,
- Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente,
- Debe infundir respeto,
- Debe ser creíble.

Para estructurar el plan de señalización se menciona toda la señalética necesaria que requiere la vía tanto vertical como horizontal a continuación:

10.2 Señalización Vertical

10.2.1 Señales preventivas (Código P)

Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma. Las dimensiones de las señales preventivas estarán determinadas por la velocidad de circulación de una vía: (RTE INEN 004-2:2011, pág. 7).

En este caso para una velocidad de circulación de 25 km/h las dimensiones serán de 600x600mm, según la siguiente tabla:

Tabla 128

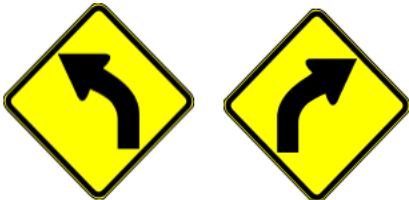


Dimensión de las Señales preventivas

85 percentiles velocidad (km/h)	Dimensión de la señal (mm)
menos de 60	600 x 600
70 – 80	750 x 750
más de 90	900 x 900

Fuente: RTE INEN 004-1:2011, pág. 50

Tabla 129

Señalización Vertical - Señales Preventivas

	Código No.	Dimensiones (mm)
<p>Curva abierta izquierda (P1-2I) derecha (P1-2D). Indican la aproximación a curvas abiertas; y se instalan en aproximaciones a una curva abierta a la izquierda o derecha. De acuerdo con las circunstancias puede complementarse con una señal aconsejada de velocidad R4-1.</p>	P1-2A (I o D)	600 x 600
		
<p>Animales en la vía (P6-17). Esta señal debe utilizarse para advertir la probable presencia de animales en la vía, sean estos domésticos o de ganado.</p>	P6-17 ^a	600 x 600
		
<p>Intersecciones en “T” (P2-2). Esta señal previene al conductor de la existencia adelante de una intersección en forma de T. Se instala en las aproximaciones a la terminación de una vía y se une a otra formando una T. Generalmente se ubican en vías rurales y en vías urbanas de gran extensión.</p>	P2-2A	600 x 600
		

Señalización Vertical - Señales Preventivas

Código No.	Dimensiones (mm)
P5-6	600 x 600

Vía sin salida (P5-6). Esta señal advierte a los usuarios que están acercándose de frente a una vía sin salida, debe ser colocada antes de la intersección, para evitar la confusión de los usuarios antes que se aproximen a esta.



Código No.	Dimensiones (mm)
P6-2	600 x 600

Resalto/Reductor de velocidad (P6-2). Esta señal debe utilizarse para advertir la aproximación a un resalto o un reductor de velocidad.

Se recomienda acompañar con una señal complementaria de acuerdo con las circunstancias.



Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1	600 x 600

Puente angosto (R4-1). Esta señal debe ser utilizada siempre que adelante exista un puente cuyo ancho sea menor a la calzada de circulación.






Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: RTE INEN 004-1:2011.

10.2.2 Señales regulatorias (Código R).

Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 7) .

Tabla 130

Señalización Vertical - Señales regulatorias

	Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
<p>Pare (R1-1). Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a otra, y obliga a parar al vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.</p>	R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
			
<p>Límite máximo de velocidad (R4-1) Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía, cuando dicho límite difiere de los establecidos en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento General de Aplicación.</p>	R4-1 A	600 x 600	
			
<p>No rebasar (R2-13) Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de efectuar la maniobra de rebasamiento en vía con un solo carril de circulación en cada sentido. En vías pavimentadas, se debe complementar con la respectiva señalización horizontal.</p>	R2-13 A	600 x 600	
			

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: RTE INEN 004-1:2011.

10.2.3. Señales de información (Código I).

Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico (RTE INEN 004-1:2011, pág. 7)

Este tipo de señalética debe contar con un amplia área de visibilidad en la intersección de la vía “Calacalí - la Independencia” y la apertura de vía propuesta, por lo que la Normativa (RTE

INEN 004-1:2011), recomienda que: La leyenda que se aplica al destino directo adelante debe colocarse en la parte superior de la señal. Las dimensiones mínimas de letras para las leyendas de señales de destino son: En vías rurales y urbanas de doble vía con un solo carril en cada sentido, letra mayúscula 160 modificado con letras minúsculas de 120 mm. (pág. 95).

Figura 58

Señal Informativa lateral

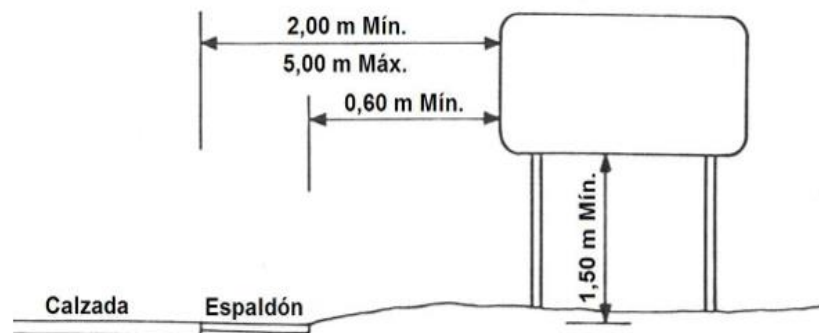


Fuente: RTE INEN 004-1:2011.

- Ubicación de señales laterales

Figura 59

Soporte normal de dos postes – rural


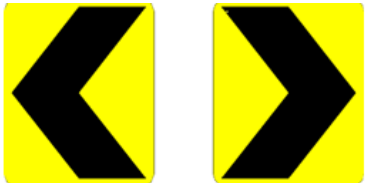


Fuente: (RTE INEN 004-1:2011, pág. 92)

10.2.4 Señales especiales delineadoras (Código D).

Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 7) .

Tabla 131*Señalización Vertical – Señales Delineadoras*

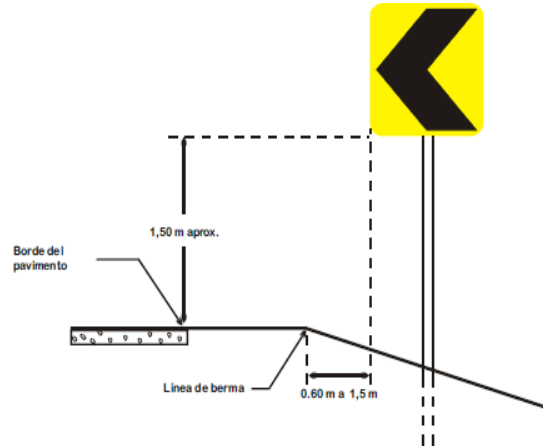
	Código No.	Dimensión (mm)
<p>Serie de Postes de Kilometraje D. se emplearán para indicar la distancia recorrida en la vía, desde un punto de partida a un punto final establecido de acuerdo con la clasificación de la red vial estatal determinada por el MTOP.</p>	D	450 x 600
		
	Código No.	Dimensión (mm)
<p>Delineadores de Curva D6-2 (I o D). Esta señal se utiliza para indicar el cambio de rasante en el sentido de circulación que debe de seguir el conductor. Se utiliza en radio de curvas abiertas pudiendo ser a izquierda o derecha según el alineamiento de la curva</p>	D6-2A (I o D)	600 x 750
		

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: RTE INEN 004-1:2011.

Colocación: Los delineadores de curva horizontal deberán colocarse en postes similares a los utilizados para las señales verticales, a una altura de aproximadamente 1,50m. En el caso de vías bidireccionales deberán ser colocadas en dos caras. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 134)

Figura 60

Ubicación lateral de los delineadores de curva horizontal



Fuente: (RTE INEN 004-1:2011, pág. 135)

Para evitar el deslumbramiento desde las superficies de las señales, estas deben ser orientadas con un ángulo de 5° y en dirección al tránsito que estas sirven en alineamientos curvos, el ángulo de instalación debe ser determinado por el curso de aproximación del tránsito antes que por el filo de la vía en el punto donde la señal es colocada. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 13)

Espaciamiento: Con respecto al espaciamiento la Normativa (RTE INEN 004-1:2011), expresa que : “En curvas y en las tangentes de entrada y salida de éstas, el espaciamiento de los delineadores de curva horizontal deberá ser tal que sean visibles para el conductor, como mínimo, tres (3) delineadores a la vez.” (pág. 135).

Figura 61

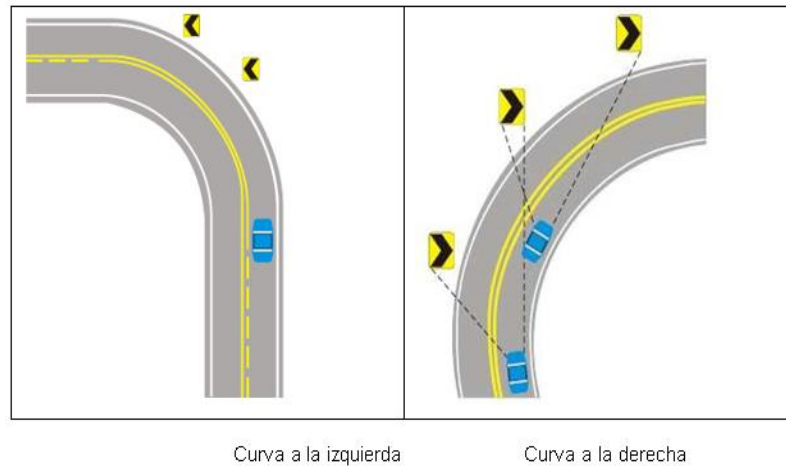
Espaciamiento máximo de delineadores de curva horizontal.

Radio de curvatura (m)	Espaciamiento en curva (m)
15	8
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

Fuente: (RTE INEN 004-1:2011, pág. 134)

Figura 62

Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal



Fuente: (RTE INEN 004-1:2011, pág. 137)

Tabla 132

Cálculo de Delineadores de Curva

Curva N°	Radio (m)	L. Curva (m)	Espaciamiento en curva (m)	Cantidad (U)
PI:1	100	16.43	15	1
PI:2	100	23.98	15	2
PI:3	100	12.52	15	1
PI:4	100	19.30	15	1
PI:5	100	18.98	15	1
PI:6	100	58.5	15	4

Elaborado por: Autores, 2021.

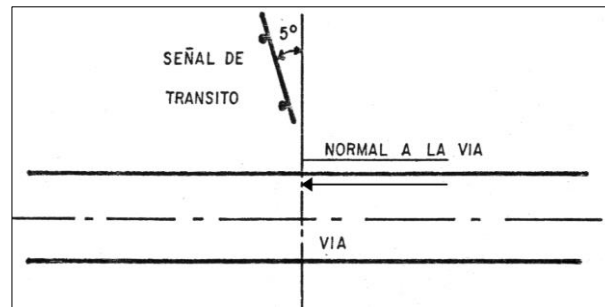
10.2.5 Ubicación señales verticales.

Una señal preventiva debe colocarse generalmente al lado derecho de la calzada, pero pueden ubicarse al izquierdo o ambos lados, para reducir al mínimo tiempo de percepción y reacción del conductor. Sin obstrucción lateral ni distancia de visibilidad restringida, en áreas rurales, las señales deben colocarse a no menos de 75 m ni más de 225 m delante del sitio de riesgo. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 13) .

10.2.5.1 Orientación señales verticales. Para evitar el deslumbramiento desde las superficies de las señales, estas deben ser orientadas con un ángulo de 5° y en dirección al tránsito que estas sirven en alineamientos curvos, el ángulo de instalación debe ser determinado por el curso de aproximación del tránsito antes que por el filo de la vía en el punto donde la señal es colocada. (RTE INEN 004-1:2011, pág. 13).

Ilustración 22

Orientación de las Señales Verticales



Fuente: (RTE INEN 004-1:2011, 2011, pág. 14)

A continuación, se detalla la cantidad necesaria para la señalización Vertical del proyecto.

Tabla 133

Cantidades para la Señalización Vertical

Resumen de Señales	Cantidad (U)
Curva abierta izquierda (P1-2I)	3
Curva abierta derecha (P1-2D)	3
Animales en la vía (P6-17)	4
Pare (R1-1).	1
Límite máximo de velocidad (R4-1)	2
No rebasar (R2-13)	4
Serie de Postes de Kilometraje D	2
Delineadores de Curva D6-2 (I o D).	10
vía sin salida (P5-6).	1
Resalto/Reductor de velocidad (P6-2).	2
Puente angosto (R4-1).	2
Señal de información	1

Elaborado por: Autores, 2021.

10.3 Señalización horizontal.

10.3.1 Líneas longitudinales

Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos . (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 5)

10.3.1.1 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta. Estas líneas deben ser color amarillo, y pueden ser traspasadas siempre y cuando haya seguridad, se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el rebasamiento y los virajes. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 11).

Tabla 134

Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada.

Velocidad máxima de la vía (km /h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12,00	3 - 9
Mayor a 50	150	12,00	3 - 9

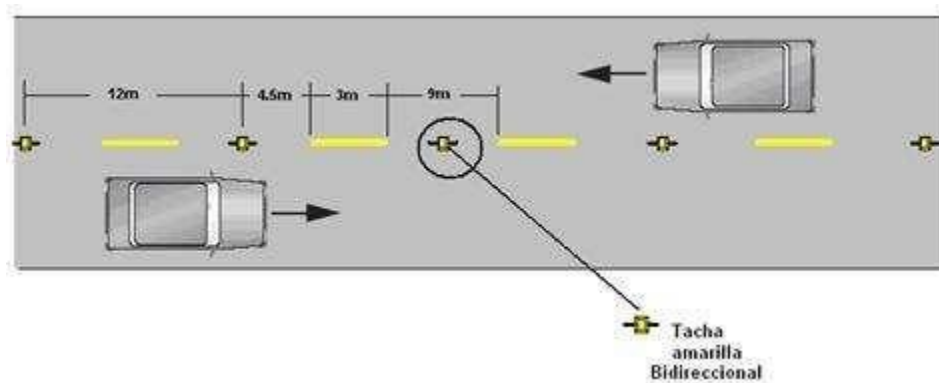
Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 11)

Para señalar la separación de carriles de sentido opuesto en una vía de baja velocidad (\leq 50 km/h) se debe utilizar una línea de 100 mm de ancho, con un patrón de 12,00 m y una relación de 3 - 9, es decir 3,00 m pintados y 9,00 m de separación. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 11).

Adicional la Normativa (INEN-Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011), afirma que: En zonas donde se tenga características geométricas, condiciones climáticas o de visibilidad adversas, deben instalarse tachas de color amarillo y colocarse centradas en las separaciones o brechas. Su lado mayor o el diámetro de su base, debe ser de 100 mm con tolerancia de ± 5 mm; con altura de 17,5 mm con tolerancia de $\pm 2,5$ mm. Además, ninguna de sus caras debe formar un ángulo mayor a 600 con la horizontal. (pág. 7).

Figura 63

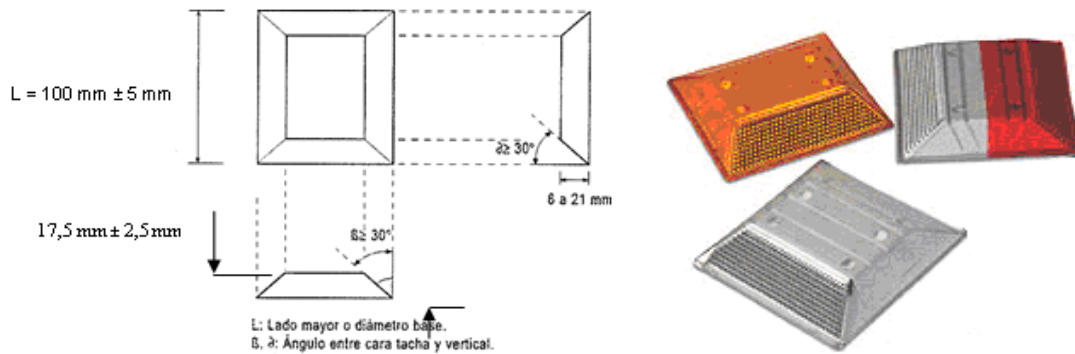
Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta



Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 11).

Figura 64

Demarcadores (ojos de gato, tacha)



Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 7).

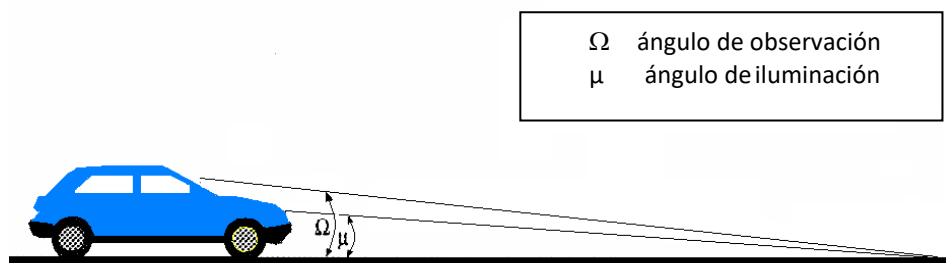
▪ **Retro reflexión**

Esta propiedad se debe tomar en cuenta en toda la longitud de la vía, como parámetro de seguridad, ya que la Normativa (INEN-Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011) menciona que deben ser visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. (pág. 8).

Tabla 135*Niveles mínimos de retro reflexión en pinturas sobre pavimento (mcd/lux – m2)*

Visibilidad	Ángulos		Colores	
	Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
a 15,00 m	3,5°	4,5°	150	95
a 30,00 m	1,24°	2,29°	150	70

Fuente: RTE INEN 004-2:2011. pág. 8

Figura 65*Ángulos de iluminación y observación*

Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 8)

Tratándose de señalización complementaria, la superficie retro reflectante debe ser siempre de al menos 10 cm². Cuando el elemento instalado pierda parte de dicha superficie, no alcanzando el mínimo señalado, puede ser conveniente instalar un elemento nuevo frente al deterioro, sin necesidad de retirar este último. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 8)

10.3.1.2 Líneas de borde de calzada. Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, permite posicionarse correctamente respecto de éste. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 22).

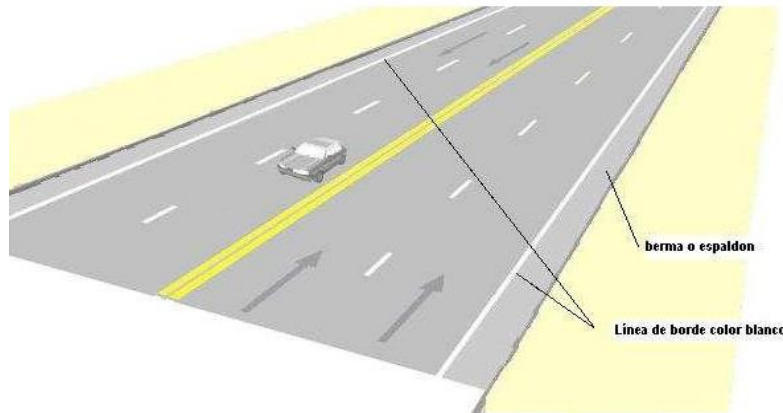
Tabla 136*Anchos de carriles*

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Ancho del carril (m)
Menor a 50 (urbana)	Mínimo 3,00
De 50 a 90 (rural)	Entre 3,00 y 3,50
Mayor a 90 (rural)	Entre 3,50 y 3,80

Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 19)

Figura 66

Señalización líneas de borde



Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 20)

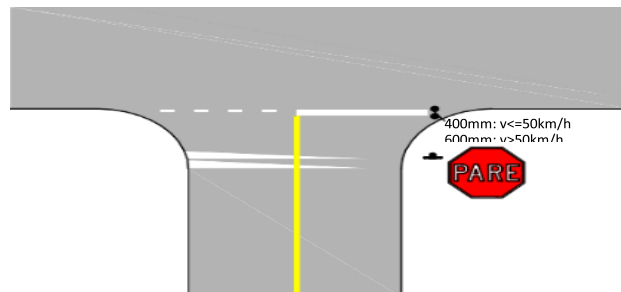
10.3.2 Líneas Transversales

Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar que los vehículos deben detenerse y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 5),

10.3.2.1 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare. La línea de pare se demarca siguiendo la alineación de la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, donde se requiera detener el tráfico. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 km/h el ancho debe ser de 400 mm. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 28).

Figura 67

Línea de pare en intersección con señal vertical de pare



Fuente: (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 28)

A continuación, se presenta la tabla de cantidades necesarias para realizar la señalización horizontal que requiere la vía;

Tabla 137

Cantidades para la Señalización horizontal

Líneas de separación de circulación longitudinal	587
Pintura de señalización de pavimento	
Color Amarillo	
longitud (m)	
Tacha reflectiva Amarilla bidireccional	96
Cantidad (u)	
Líneas circulación transversal	6
Pintura de señalización de pavimento	
Color blanco	
longitud (m)	
Líneas de borde de calzada	2520
Pintura de señalización de pavimento Color Blanco	
longitud (m)	

Elaborado por: Autores, 2021.

Ubicación. Toda señal debe ser instalada de tal manera que capte oportunamente la atención de los usuarios de distintas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, otorgando a estos la facilidad y el tiempo suficiente para distinguirla de su entorno, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 4).

Conservación y mantenimiento. Toda señalización tiene una vida útil. Para ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y mantenimiento de las señales cuenten con un inventario de ellas y un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza, reemplazo o retiro. (RTE INEN 004-2:2011, 2011, pág. 4).

10.4 Ubicación señalización horizontal y vertical

Tabla 138.

Señalización vertical lado derecho

Abscisa	Código	Descripción	Tipo De Señal
0+000.00	D	Kilometraje	Señal de Información
0+000.00	I	Captación	Señal de Información
0+045.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
0+075.00	R4-1	Límite máximo de velocidad	Señal Preventiva
0+110.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+220.00	P6-17	Animales en la vía	Señal Preventiva
0+245.00	P1-2D	Curva Abierta derecha	Señal Preventiva
0+310.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+330.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+455.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
0+520.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+675.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
0+720.00	P6-2	Resalto/Reductor de velocidad	Señal Preventiva
0+740.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+780.00	R4-1	Puente angosto	Señal Preventiva
0+830.00	P1-2D	Curva Abierta derecha	Señal Preventiva
0+860.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+905.00	P1-2D	Curva Abierta derecha	Señal Preventiva
0+960.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+980.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+995.00	D6-2	Delineadores de Curvas	Señal Preventiva
1+010.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
1+025.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
1+260.00	P6-17	Animales en la vía	Señal Preventiva
1+160.01	P5-6	Vía sin Salida	Señal Preventiva

Elaborado por Autores, 2021

Tabla 139*Señalización vertical lado izquierdo*

Abscisa	Código	Descripción	Tipo De Señal
0+000.00	R1-1	Pare	Señal Preventiva
0+000.00	I	Captación	Señal de Información
0+000.00	D	Kilometraje	Señal de Información
0+130.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+150.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+215.00	P1-2D	Curva Abierta derecha	Señal Preventiva
0+220.00	P6-17	Animales en la vía	Señal Preventiva
0+350.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+425.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
0+535.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+560.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+755.00	D6-2	Delineadores de Curva	Señal Preventiva
0+770.00	P1-2D	Curva Abierta derecha	Señal Preventiva
0+810.0	R4-1	Puente angosto	Señal Preventiva
0+880.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
0+890.00	P6-2	Resalto/Reductor de velocidad	Señal Preventiva
0+955.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
1+000.00	D	Kilometraje	Señal de Información
1+050.00	R2-13	No rebasar	Señal Preventiva
1+060.00	P6-17	Animales en la vía	Señal Preventiva
1+115.00	P1-2I	Curva Abierta Izquierda	Señal Preventiva
1+230.00	R4-1	Límite máximo de velocidad	Señal Preventiva

Elaborado por Autores, 2021.

Ver ANEXO N° 9: Planos de Señalización vial.

CAPÍTULO XI

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

En este capítulo se realiza el proceso de justificación de la viabilidad del proyecto. El análisis se basa en si la propuesta de diseño del “Estudio y diseño definitivo para la apertura del camino vecinal “vía Calacalí – La independencia km 110 - captación del sistema de agua potable de la comunidad San Vicente de Andoas” ubicado en la parroquia Pedro Vicente Maldonado, Cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha de longitud 1.5 km, presentada es factible cumple tanto técnica como económicamente.

11.1 Beneficios de proyecto

Los beneficios se generan específicamente cuando ya se encuentra en ejecución el proyecto, estos pueden ser cualitativos o cuantitativos en diferentes aspectos y áreas. A continuación, se mencionan los beneficios identificados más significativos:

11.1.1 Incremento en costos de Producción

El proceso de producción del palmito ha ido mejorando cada vez más las áreas de cultivo, logrando insertarse favorablemente en los sistemas de producción especializados en este cultivo, la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) a través del uso de semilla certificada, sistema de fertilización adecuada, labores culturales del cultivo como control de malezas, control de plagas y enfermedades han posibilitado aceptable productividad. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM, pág. 91) .

Para realizar este análisis se toma en cuenta la visita de campo realizada fuera del área de influencia directa al proyecto y se observa plantaciones de Palmito; producto muy representativo de la zona. El costo total por hectárea de palmito es de \$645.31 (Vivero, 2002, pág. 37).

Tabla 140*Costo de Producción Antes del Proyecto*

Área de Cultivo	Costo total /ha	Total, Costo Producción
0,44 ha	\$ 645.31	\$ 283.93

Elaborado por: Autores, 2021. Fuente: (Vivero, pág. 37)

Tabla 141*Costo de producción ejecutado el proyecto*

Área de Cultivo	Costo total /ha	Total, Costo Producción
0,44 ha	\$ 731.31	\$322.00

Elaborado por Autores, 2021. Fuente: (Vivero, pág. 37)

11.1.3 Tiempo de Movilización

Este beneficio es un indicador eficaz posterior a la ejecución del proyecto, como ejemplo se menciona el ingreso del personal a los Mantenimientos al Sistema de Agua potable en la Captación del río Chipal chico.

- Tiempo de ingreso a pie: 45 min
- Tiempo de ingreso en vehículo: 10- 15 min

11.1.2 Plusvalía del Sector

Según la Ordenanza predial 2015 del Canto Pedro Vicente Maldonado el precio de terreno por m² en la Comunidad de San Vicente de Andoas es de \$ 20 para suelos homogéneos. Se obtiene lo siguiente:

Tabla 142*Precios de terreno por m² antes del proyecto*

Área (m²)	Costo por m² de terreno	Total
37813.2	\$ 20	\$ 756264

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 143*Precios de terreno por m² ejecutado del proyecto*

Área (m²)	Costo por m² de terreno	Total
37813.2	\$ 36	\$ 1361275.2

Elaborado por: Autores, 2021.

11.1.3 Movilización e Intercambio de productos

Al generarse una vía de acceso atrae con sí numerosas oportunidades, como es el fácil ingreso a fincas, a empresas dedicadas a la avicultura, a la crianza de ganado bovino en el sector para que posteriormente puedan comercializar sus productos y animales en las partes céntricas de la Comunidad o fuera de ella. Se realiza el análisis de dicho costo de transporte para el vehículo tipo de diseño, considerando que antes no contaban con la infraestructura vial, se adiciona un costo de personal para ofertar sus productos en las afueras de estas.

Tabla 144*Precios de terreno por m² ejecutado del proyecto*

Vehículos tipo	Nº Flete semanal	Valor Transporte (\$) + Ayudante	TPDA	Costo Total Transporte
Camión 2DA	2	15	48	1440

Elaborada por: Autores, 2021.

Tabla 145*Costo de movilización ejecutado el proyecto*

Vehículos tipo	N.º Flete semanal	Valor Transporte (\$)	TPDA	Costo Total Transporte
Camión 2DA	2	10	48	960

Elaborada por: Autores, 2021.

11.2 Costos del Proyecto (Egresos)

Definidos como los costos que se generan posterior a la construcción del proyecto.

11.2.1 Costos de Mantenimientos**Tabla 146***Costos por mantenimiento*

Descripción de Mantenimiento	P. Unitario	Nº veces	Cantidad	Tiempo de Operación en Años			
				1	2	6	10
Limpieza de cunetas manual (m³)	\$5.45	1	176.49	\$961.87	\$961.87	\$961.87	\$961.87
Limpieza de alcantarillas (m³)	\$16.49	1	106.46	\$1,755.80	\$1,755.80	\$1,755.80	\$1,755.80
Sellado con Mortero Asfáltico (m²)	\$1.15	1	9075.17		\$10,436.44	\$10,436.44	
Fresado de Pavimento Asfáltico (m³)	\$10.11	1	589.89				\$5,964.33
Carpeta Asfáltica 2" (m²)	\$13.26	1	9075.17				\$120,336.73
				\$2,717.67	\$13,154.11	\$13,154.11	\$129,018.73

Elaborada por: Autores, 2021.

11.2.2 Costos del Proyecto

Dichos costos están reflejados en el presupuesto referencial por cada actividad y fase de construcción que se presentan a continuación:

Tabla 147*Costos del Proyecto*

Descripción	Unidad	Valor
Obras preliminares	\$	3581.58
Movimiento de tierras	\$	577227.26
Calzada	\$	236514.53
Drenaje	\$	179221.83
Señalización	\$	8144.79
Prevención ambiental	\$	2230.92
Total \$		1006920.92

Elaborada por: Autores, 2021.

Para cálculos de los indicadores financieros se realiza la proyección de los beneficios totales del proyecto teniendo así:

Tabla 148*Proyección de los beneficios*

Años	N.º Viajes semanal	\$Costo flete antes del Proyecto	\$Costo flete después del Proyecto	TPDA	\$Costo total por servicio de transporte (antes)	\$Costo total por servicio de transporte (después)
2021	2	15	10	48	1440	960
2022	2	15	10	50	1500	1000
2023	2	15	10	53	1590	1060
2024	2	15	10	56	1680	1120
2025	2	15	10	59	1770	1180
2026	2	15	10	62	1860	1240
2027	2	15	10	65	1950	1300
2028	2	15	10	68	2040	1360
2029	2	15	10	70	2100	1400
2030	2	15	10	73	2190	1460
2031	2	15	10	76	2280	1520
2032	2	15	10	79	2370	1580
2033	2	15	10	82	2460	1640
2034	2	15	10	85	2550	1700
2035	2	15	10	88	2640	1760
2036	2	15	10	90	2700	1800
2037	2	15	10	93	2790	1860
2038	2	15	10	96	2880	1920
2039	2	15	10	99	2970	1980
2040	2	15	10	102	3060	2040
2041	2	15	10	105	3150	2100

Elaborada por: Autores, 2021.

11.3 Análisis Financiero del Proyecto

Se realiza dicho análisis en base a dos indicadores que nos permiten ver la factibilidad y viabilidad del proyecto.

11.3.1 VAN (Valor Actual Neto)

La importancia del análisis de este indicador en cualquier tipo de proyecto de construcción es primordial para realizar o no la inversión en el mismo.

Según (Mesa, 2002), lo define como:

“El valor actualizado del saldo entre el flujo de ingresos y egresos en efectivo generados por un proyecto durante su vida útil.” (pág. 124).

El criterio de evaluación o selección se basa en obtener un $Van \geq 0$ para definir al proyecto como viable, y un $VAN=0$ da apertura a revisar otras ofertas. Para realizar el cálculo del VAN se presenta a continuación los parámetros necesarios:

$$V.A.N. = \sum \frac{V_t}{(1+k)^t} - l_0$$

Dónde:

k = tasa mínima de aceptación (TMAR)

Vt = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

l₀ = Costo inicial de la inversión.

n = Es el número de periodos considerado.

FNE = Flujo Netos efectivos.

Para obtener el valor de k se toma en cuenta el año de evaluación del proyecto, así tenemos para el Julio del 2021:

Tasa pasiva = 5.66 %

EMBI (riesgo País) = 7.90%

k = Tasa pasiva + EMBI (riesgo País) = 13.56%

Tabla 149

Cálculo del Van del proyecto

Tiempo en Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\sum \frac{Vt}{(1+k)^t}$	Van Acumulado
	A	B	A-B	(1+K) ^T		
0	0.00	1006920.92	-1006920.92	1.00	-1006920.92	-1006920.92
1	1361755.2	2717.67	1359037.53	1.14	1196757.25	189836.33
2	500	13154.12	-12654.12	1.29	-9812.53	180023.79
3	530	2717.67	-2187.67	1.46	-1493.85	178529.95
4	560	2717.67	-2157.67	1.66	-1297.43	177232.52
5	590	2717.67	-2127.67	1.89	-1126.62	176105.90
6	620	13154.12	-12534.12	2.14	-5844.42	170261.48
7	650	2717.67	-2067.67	2.44	-848.99	169412.49
8	680	2717.67	-2037.67	2.77	-736.77	168675.72
9	700	2717.67	-2017.67	3.14	-642.42	168033.29
10	730	129018.73	-128288.73	3.57	-35969.52	132063.77
11	760	2717.67	-1957.67	4.05	-483.35	131580.42
12	790	13154.12	-12364.12	4.60	-2688.18	128892.24
13	820	2717.67	-1897.67	5.22	-363.32	128528.92
14	850	2717.67	-1867.67	5.93	-314.88	128214.04
15	880	2717.67	-1837.67	6.74	-272.83	127941.21
16	900	13154.12	-12254.12	7.65	-1602.05	126339.16
17	930	2717.67	-1787.67	8.69	-205.80	126133.36
18	960	2717.67	-1757.67	9.86	-178.19	125955.17
19	990	2717.67	-1727.67	11.20	-154.23	125800.94
20	1020	129018.73	-127998.73	12.72	-10062.32	115738.62
					VAN	115738.62
					TIR	32%

Elaborada por: Autores, 2021.

11.3.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Según (Mesa, 2002), menciona que este indicador nos permite obtener la rentabilidad anual del proyecto, es decir la rentabilidad sobre la inversión viva de cada año, o inversión pendiente de amortizar. (pág. 129). Su cálculo se lo realiza en base a la siguiente formula:

$$V.A.N. = 0 = \sum \frac{Vt}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

Su método de evaluación se rige al cumplimiento de la condición TIR (r) > TMAR (k), es decir el valor del TIR tiene que ser mayor que la tasa de actualización, solo así se podrá garantizar que se obtiene la rentabilidad mínima exigida al proyecto. (Mesa, 2002, pág. 130)

Se presenta a continuación la tabla de cálculo del indicador TIR:

Tabla 150

Cálculo del TIR del proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\sum \frac{Vt}{(1+TIR)^t}$	Van Acumulado
	A	B	A-B	(1+TIR) ^T		
0	0.00	1006920.92	-1006920.92	1.00	-1006920.92	-1006920.92
1	1361755.20	2717.67	1359037.53	1.32	1029573.89	22652.97
2	500.00	13154.12	-12654.12	1.74	-7262.47	15390.50
3	530.00	2717.67	-2187.67	2.30	-951.17	14439.33
4	560.00	2717.67	-2157.67	3.04	-710.70	13728.62
5	590.00	2717.67	-2127.67	4.01	-530.93	13197.70
6	620.00	13154.12	-12534.12	5.29	-2369.46	10828.23
7	650.00	2717.67	-2067.67	6.98	-296.12	10532.11
8	680.00	2717.67	-2037.67	9.22	-221.08	10311.04
9	700.00	2717.67	-2017.67	12.17	-165.84	10145.20
10	730.00	129018.73	-128288.73	16.06	-7988.20	2156.99
11	760.00	2717.67	-1957.67	21.20	-92.35	2064.65
12	790.00	13154.12	-12364.12	27.98	-441.85	1622.79
13	820.00	2717.67	-1897.67	36.94	-51.38	1571.42
14	850.00	2717.67	-1867.67	48.76	-38.31	1533.11
15	880.00	2717.67	-1837.67	64.36	-28.55	1504.56
16	900.00	13154.12	-12254.12	84.95	-144.24	1360.31

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\sum \frac{vt}{(1+TIR)^t}$	Van Acumulado
	A	B	A-B	(1+TIR) ^T		
17	930.00	2717.67	-1787.67	112.14	-15.94	1344.37
18	960.00	2717.67	-1757.67	148.02	-11.87	1332.50
19	990.00	2717.67	-1727.67	195.39	-8.84	1323.66
20	1020.00	129018.73	-127998.73	257.92	-496.28	827.38

Elaborada por: Autores, 2021.

11.3.4 Determinación de Beneficio-Costo B/C del proyecto

“El beneficio /costo significa que por cada dólar de inversión., cuanto se tiene de retorno o rendimiento” (Ruiz C. d., 2017, pág. 185).

Para su respectivo cálculo se obtiene de la relación presentada a continuación y sus criterios de evaluación se rige a obtener un B/C >1 para que el proyecto pueda ser viable:

$$B/C = \frac{VAN \text{ INGRESOS}}{VAN \text{ COSTOS/GASTOS BRUTOS}}$$

Tabla 151

Relación beneficio /costo del proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Factor	Van Ingresos	Van Egresos
	A	B	(1+K) ^T		
0		1006920.92	1.00	0.00	1006920.92
1	1361755.2	2717.67	1.14	1199150.41	2393.16
2	500	13154.12	1.29	387.72	10200.26
3	530	2717.67	1.46	361.91	1855.75
4	560	2717.67	1.66	336.73	1634.16
5	590	2717.67	1.89	312.41	1439.03
6	620	13154.12	2.14	289.09	6133.52
7	650	2717.67	2.44	266.89	1115.88
8	680	2717.67	2.77	245.87	982.64
9	700	2717.67	3.14	222.88	865.30

Años	Ingresos A	Egresos B	Factor (1+K) ^T	Van Ingresos	Van Egresos
10	730	129018.73	3.57	204.68	36174.20
11	760	2717.67	4.05	187.64	670.99
12	790	13154.12	4.60	171.76	2859.94
13	820	2717.67	5.22	156.99	520.32
14	850	2717.67	5.93	143.31	458.19
15	880	2717.67	6.74	130.65	403.47
16	900	13154.12	7.65	117.66	1719.71
17	930	2717.67	8.69	107.07	312.87
18	960	2717.67	9.86	97.32	275.51
19	990	2717.67	11.20	88.38	242.61
20	1020	129018.73	12.72	80.18	10142.50
		Σ		1203059.56	1087320.94
		RELACIÓN B/C			1.11

Elaborada por: Autores ,2021.

En conclusión, posterior al análisis realizado se puede observar que la relación calculada mayor a uno y se puede definir como un proyecto económicamente viable.

CAPÍTULO XII

PRESUPUESTO

12.1 Alcance

En el presente capítulo se detalla los presupuestos para las dos alternativas de superficie de rodadura de pavimento flexible y de superficie de rodadura no pavimentada; se tiene en cuenta que el análisis del presupuesto contempla todos los costos para la ejecución del proyecto y mide la viabilidad económica del mismo.

Para realizar un presupuesto referencial se debe tomar en cuenta cada una de las actividades a realizarse durante el proceso constructivo, estas deben ser cuantificadas y clasificadas por categorías. Es importante mencionar que dicho presupuesto puede presentar reajustes a lo largo del proceso de construcción por varios factores que deben ser justificados, adicional se presenta el análisis de precios unitarios (APU).

Ver ANEXO N°10: Análisis de Precio Unitarios.

Adicional para el cálculo de las cantidades de obra generadas durante la ejecución del proyecto deben estar debidamente respaldadas y detalladas en cada uno de sus planos de diseño; sean estos geométricos, hidráulico o de señalización. A continuación, se presentan los presupuestos detallados para las dos alternativas para las dos alternativas de capa de rodadura:

- 1.- Alternativa de Superficie de pavimento flexible
- 2.- Alternativa de superficie no pavimentada – Capa Granular

Tabla 152

Presupuesto preferencial pavimento flexible

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS”					
Nº.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
	OBRAS PRELIMINARES				3581.58
1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	6.30	450.41	2837.58
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	km	1.20	620.00	744.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				577227.26
3	Excavación de material existente	m ³	266500.34	2.02	537264.69
4	Excavación para cunetas laterales	m ³	682.24	2.02	1375.40
5	Transporte de material de excavación hacia escombros (libre 500 m.)	m ³ /Km	94576.42	0.41	38587.18
	CALZADA				236514.53
6	Transporte de material de mejoramiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m ³ /Km	47820.78	0.41	19606.52
7	Material de mejoramiento	m ³	2277.18	4.42	10065.14
8	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	28692.51	0.41	11763.93
9	Sub-base CLASE III	m ³	1366.31	23.07	31520.77
10	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	19128.27	0.41	7804.33
11	Base Clase IV	m ³	910.87	26.09	23764.60
12	Asfalto RC-250 para imprimación	lt/m ²	9075.17	1.28	11652.52
13	Capa de rodadura, hormigón Asfáltico e=5.00cm	m ²	9075.17	13.26	120336.73
	DRENAJE				179221.83
14	Relleno para estructuras de alcantarillas	m ³	187.72	6.65	1248.34
15	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=1000 mm	m	29.83	282.88	8438.31
16	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=2000 mm	m	29.11	620.08	18050.53
17	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A (f'c=210 Kg/cm ²) cabezas y cunetas	m ³	784.76	189.84	148979.22
18	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	1659.23	1.51	2505.44
	SEÑALIZACIÓN				8144.79
19	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	22.00	159.22	3502.84
20	letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)		1.00	194.16	194.16
21	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75) m	u	10.00	186.40	1864.00
22	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	3113.00	0.83	2583.79
	PREVENCIÓN AMBIENTAL				2230.92
23	Charlas de concientización	u	2.00	302.51	605.02
24	Agua para control de polvo	m ³	53.00	2.87	152.11
25	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	150.00	1.71	256.50
26	Letrina móvil	u	1.00	1217.29	1217.29
TOTAL:					1006920.92

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 153

Cronograma Valorado Pavimento Flexible

CRONOGRAMA VAORADO						1 MES				2 MES				3 MES			
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	6.3	1281.168	8071.3584	2017.84	2017.84	2017.84	2017.84								
2	Replanteo y nivelación con equipo topografico	km	1.2	620	744		186.00	186.00	186.00								
3	Excavación de material existente	m3	266500.34	2.016	537264.6854			134316	134316	134316							
4	Relleno para estructuras de alcantarillas	m3	187.72	6.65	1248.338			624	624								
5	Excavacion para cunetas laterales	m3	682.242	2.016	1375.399872			343.75	343.75	343.75	343.75						
6	Transporte de material de excavación hacia escombreras (libre 500 m.)	m3/Km	94576.42	0.408	38587.17936			9646.79	9646.79	9646.79	9646.79						
7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	1659.23	1.51	2505.4373			1252.72	1252.72								
8	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=1000 mm	m	29.83	282.88	8438.3104			4219.155	4219.155								
9	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=2000 mm	m	29.11	620.08	18050.5288			9025.264	9025.264								
10	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A(f'c=210 Kg/cm2) cabezales y cunetas	m3	784.76	189.84	148978.8384			74489.42	74489.42								
11	Material de mejoramiento	m3	2277.18	4.42	10065.1356					2516.284	2616.28	2616.28	2616.28				
	Transporte de material de mejormiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m3/Km	47820.78	0.41	19606.5198					4901.63	4901.63	4901.63	4901.63				
12	Sub-base CLASE III	m3	1366.31	23.07	31520.7717						7880.193	7880.19	7880.19	7880.19			
	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m3/Km	28692.51	0.41	11763.9291						2940.982	2940.982	2940.982	2940.982			
13	Base Clase IV	m3	910.87	26.09	23764.5983							5941.15	5941.15	5941.15	5941.15		
	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m3/Km	19128.27	0.408	7804.33416							1951.084	1951.084	1951.084	1951.084		
14	Asfalto RC-250 para imprimación	l/m2	9075.168	1.284	11652.51571									2913.129	2913.129	2913.129	2913.129
15	Capa de rodadura, hormigon Asfaltico e=5.00cm	m2	9075.168	13.26	120336.7277									30084.18	30084.18	30084.18	30084.18
16	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	3113	0.83	2583.79											1291.895	1291.895
17	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	22	159.22	3502.84											1751.42	1751.42
18	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75)m	u	10	186.4	1864											932	932
20	letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)		1	194.16	194.16											194.16	
21	Charlas de concientización	u	2	302.51	605.02	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41
22	Agua para control de polvo	m3	53	2.87	152.11	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01				
24	Área Plantada (Arboles y arbustos)	u	150	1.71	256.5												256.5
25	Letrina móvil	u	1	1217.29	1217.29	1217.29											
				TOTAL	10066920.92												

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 154

Presupuesto referencial superficie no pavimentada -capa granular

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA APERTURA DEL CAMINO VECINAL “VÍA CALACALI – LA INDEPENDENCIA KM 110 - CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE ANDOAS”					
Nº.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
	OBRAS PRELIMINARES				3581.58
1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	6.30	450.41	2837.58
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	km	1.20	620.00	744.00
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				577227.26
3	Excavación de material existente	m ³	266500.34	2.02	537264.69
4	Excavación para cunetas laterales	m ³	682.24	2.02	1375.40
5	Transporte de material de excavación hacia escombreras (libre 500 m.)	m ³ /Km	94576.42	0.41	38587.18
	CALZADA				104525.29
6	Transporte de material de mejoramiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m ³ /Km	47820.78	0.41	19606.52
7	Material de mejoramiento	m ³	2277.18	4.42	10065.14
8	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	28692.51	0.41	11763.93
9	Sub-base CLASE III	m ³	1366.31	23.07	31520.77
10	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m ³ /Km	19128.27	0.41	7804.33
11	Base Clase IV	m ³	910.87	26.09	23764.60
	DRENAJE				179221.83
12	Relleno para estructuras de alcantarillas	m ³	187.72	6.65	1248.34
13	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=1000 mm	m	29.83	282.88	8438.31
14	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=2000 mm	m	29.11	620.08	18050.53
15	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A (f'c=210 Kg/cm ²) cabezales y cunetas	m ³	784.76	189.84	148979.22
16	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	1659.23	1.51	2505.44
	SEÑALIZACIÓN				8144.79
17	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	22.00	159.22	3502.84
19	letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)		1.00	194.16	194.16
18	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75) m	u	10.00	186.40	1864.00
19	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	3113.00	0.83	2583.79
	PREVENCION AMBIENTAL				2230.92
20	Charlas de concientización	u	2.00	302.51	605.02
21	Agua para control de polvo	m ³	53.00	2.87	152.11
22	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	150.00	1.71	256.50
23	Letrina móvil	u	1.00	1217.29	1217.29
TOTAL:					874931.68

Elaborado por: Autores, 2021.

Tabla 155

Cronograma Valorado superficie no pavimentada- capa granular

CRONOGRAMA VAORADO						1 MES				2 MES				3 MES			
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	P. TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Desbroce, desbroce y limpieza	ha	6.3	1281.168	8071.36	2017.84	2017.84	2017.84	2017.84								
2	Replanteo y nivelación con equipo topografico	km	1.2	620	744.00		186.00	186.00	186.00								
3	Excavación de material existente	m3	266500.34	2.016	537264.69			134316	134316	134316							
4	Relleno para estructuras de alcantarillas	m3	187.72	6.65	1248.34			624	624								
5	Excavación para cunetas laterales	m3	682.242	2.016	1375.40			343.75	343.75	343.75	343.75						
6	Transporte de material de excavación hacia escombreras (libre 500 m.)	m3/Km	94576.42	0.408	38587.18			9646.79	9646.79	9646.79	9646.79						
7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	1659.23	1.51	2505.44			1252.72	1252.72								
8	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=1000 mm	m	29.83	282.88	8438.31			4219.155	4219.155								
9	Suministro y colocación tubería de acero corrugada, D=2000 mm	m	29.11	620.08	18050.53			9025.2644	9025.2644								
10	Hormigón estructural de cemento Portland Clase A (f'c=210 Kg/cm2) cabezales y cunetas	m3	784.76	189.84	148978.84			74489.4192	74489.4192								
11	Material de mejoramiento	m3	2277.18	4.42	10065.14					2516.2839	2616.28	2616.28	2616.28				
12	Transporte de material de mejoramiento (desde stock Mina hasta la obra L=21 km)	m3/Km	47820.78	0.41	19606.52					4901.62995	4901.62995	4901.62995	4901.62995				
13	Sub-base CLASE III	m3	1366.31	23.07	31520.77					7880.19293	7880.19	7880.19	7880.19				
14	Transporte de Sub-base CLASE III (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m3/Km	28692.51	0.41	11763.93					2940.98228	2940.98228	2940.98228	2940.98228				
15	Base Clase IV	m3	910.87	26.09	23764.60						5941.14958	5941.14958	5941.14958	5941.14958			
16	Transporte de Base CLASE IV (desde stock Mina hasta la obra L=21km)	m3/Km	19128.27	0.408	7804.33						1951.08354	1951.08354	1951.08354	1951.08354			
18	Letreros de señal preventiva (0.60m x 0.60m)	u	22	159.22	3502.84									1751.42	1751.42		
19	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75)m	u	10	186.4	1864.00									932	932		
20	Letrero Señal de Informativa (1.80x0.60)	u	1	194.16	194.16									194.16			
21	Charlas de concientización	u	2	302.51	605.02	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41	50.41		
22	Agua para control de polvo	m3	53	2.87	152.11	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01	19.01				
24	Área Plantada (Arboles y arbustos)	u	150	1.71	256.50											256.5	
25	Letrina móvil	u	1	1217.29	1217.29	1217.29											
				TOTAL	874931.68												

Elaborado por: Autores, 2021.

CAPÍTULO XIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

- Dentro del proyecto, se reconoció INSITU el área de estudio que ayudo a tener claro la problemática y la necesidad de una carretera; se recopiló toda la información que estuvo disponible.
- Se seleccionó el método de BRUCE para la evaluación de las alternativas de ruta, se determinó el terreno de tipo montañoso, con coeficiente de tracción de 35 y se utilizaron pendientes de hasta el 11% para los trazados. Cabe recalcar que para definir la mejor opción de ruta se realizó un trabajo de gabinete el cual no toma en cuenta la existencia del brazo de río Andoas que desemboca en el río Caoní, el mismo que influye directamente en las longitudes virtuales y que además requiere de un diseño estructural de un puente externo al estudio propuesto.
- En particular se obtuvieron resultados con poca diferencia para las dos alternativas, en la primera ruta con un valor de longitud resistente de 3483.88 m y para la segunda ruta de 3553.03 m, por lo que se concluyó que la mejor alternativa de ruta es la primera representando un ahorro significativo del 10% en los procesos de construcción con respecto a la segunda alternativa.
- En la zona del proyecto en base a los estudios y levantamiento topográfico realizado se obtuvo una topografía de tipo ondulada a montañoso con pendientes naturales del 0.74 al 31.97 % y una pendiente transversal mayor del 20 %. Una altitud máxima 796.05 m.s.n.m y la mínima de 727.06 m.s.n.m. El modelo digital entrega por parte de

la empresa (M&M Constructores) cuenta con 253 puntos topográficos, los mismo que generan una franja topográfica de 7.33 ha de superficie.

- Se determinó una unidad geotécnica que está formada por la mezcla de un suelo de grano fino, tipo cohesivo, caracterizado principalmente por limos arcillosos de alta compresibilidad (MH) y en menor porción por arena fina limosa (SM), contenida dentro del Gran Cono Tabular de la Llanura Costera perteneciente a la formación San Tadeo.
- Frente al diseño geométrico se generó una vía de clase IV con tráfico futuro de 115 vehículos para un periodo de retorno de 20 años, según su clasificación funcional se denomina camino vecinal. Seguidamente con una velocidad de diseño de 25 km/h, radio de curvas horizontales de 100 m y peralte máximo del 8%. Por consiguiente, se obtuvo una longitud de 1.26 km, con una sección típica de 7.20 metros, constituida por una calzada de 6m de ancho además de espaldones de 0.6 metros, con una gradiente transversal del 4% para ambas y a la vez con una gradiente longitudinal máxima del 14%, finalmente se diseñó con taludes de corte de 4 metros y berma de 5 metros, además con altura de relleno de 6 metros.
- Se realizó dos tipos de diseño, uno para pavimento flexible y el otro para pavimento granular, a partir de la guía de diseño de pavimentos de la AASHTO 93, que arrojó las siguientes dimensiones, para el primer caso una capa de mejoramiento de espesor 25 cm con material clasificado, Sub-base clase III con espesor de 15 cm, base clase IV con espesor de 10cm y una carpeta asfáltica de espesor de 5cm, mientras que para el segundo caso se obtiene un espesor de capa de mejoramiento de 30cm con material

clasificado, Sub-base clase III con espesor de 25 cm y base clase IV de espesor de 15cm.

- Como consecuencia del diseño hidráulico, se determinó las obras de arte menor, las cuales arrojaron una sección rectangular de cuneta de hormigón ($f'c:210\text{kg/cm}^2$), con un calado de 45 centímetros, borde libre de 30 centímetros y una gradiente longitudinal semejante al del diseño geométrico de la vía. De igual manera se comprobó sus velocidades mínimas y máximas.
- En el diseño de las cunetas se generó un aumento de la velocidad por incremento de la gradiente, por esta razón se optó realizar un dissipador de energía, asociado con la disposición de gradas o escalones, se calculó arrojando las siguientes dimensiones, para las abscisas 0+600 hasta 0+700, contrahuellas de 70 centímetros y huellas de 5 metros.
- Para el diseño hidráulico transversal del proyecto se calculó dos alcantarillas metálicas de 1000 mm y una de 2000 mm, de igual forma cada una de ellas cumplen con secciones parcialmente llenas, menor al 80%, además se tiene 3 cabezales y 3 pozos de caída y de igual forma cumpliendo con la velocidad mínima y máxima.
- En cuanto a la elaboración de los planos se realizó los siguientes, plano de faja topográfica, plano de diseño geométrico vial, plano de drenaje vial y plano de señalización vial, con sus respectivos detalles de armado, a una escala de 1:50.
- En el proyecto, se generó un plan de señalización y seguridad vial; que resulta imprescindible, por tratarse de un terreno montañoso, considerado de alto riesgo para los moradores de la comunidad de Andoas, se garantizó la viabilidad y seguridad en todos los ámbitos tanto para el tránsito vehicular como pobladores.

- Se hace énfasis en el carácter de reforestación de la zona afectada, así como del manejo del material desalojado hacia la escombrera más cercana, además de realizar una socialización del impacto del proyecto con los moradores de la comunidad de Andoas.
- Se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) del 32% que es menor al TMAR del 13.50%, esto indica que el proyecto es viable económica y técnicamente.
- Finalmente, El valor actual neto (VAN) calculado es de \$115738.62 positivo, por lo tanto, se puede concluir que los ingresos proyectados a 20 años cubren el total de la inversión, por consiguiente, el proyecto resulta viable.

13.2 Recomendaciones

- Con el fin de que se lleve a cabo este y proyectos posteriores, se implanto los respectivos BMS que están detalladas sus coordenadas en los planos de la implantación de diseño geométrico vial, que facilitaran con el replanteo y nivelación del terreno.
- Para la estabilización de los taludes se recomienda usar otros materiales como hormigón proyectado, geos sintéticos, etc. que ayudara a la seguridad de la zona.
- Dentro de la construcción de la sección típica, verificar que los materiales estén debidamente calificados y se rijan al cumplimiento de las especificaciones para cada una de las capas de la estructura de pavimentos.
- Para la construcción del proyecto se deberá realizar en los meses de menor precipitación, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre; para un mejor rendimiento en la ejecución de la obra.
- Con motivo de completar este proyecto se recomienda el diseño estructural del puente como proyecto de tesis que sirva de beneficio para la Comunidad de San Vicente de Andoas.

- Para la comunidad de San Vicente de Andoas se recomienda hacer una socialización de educación vial y respeto a la señalética implantada en el proyecto; para disminuir los accidentes de tránsito.
- Para el desalojo del material excavado se recomienda realizar el respectivo trámite en el Gad municipal de Pedro Vicente Maldonado para la obtención de permisos para el relleno de las quebradas cumpliendo con las ordenanzas establecidas.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guide For. Design of Pavement Structures*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- American Society of Testing Materials ASTM D 2487 - 03. (2006). *Clasificación de suelos SUCS*. American Society of Testing Materials.
- Araujo, W. (2014). *Ecuaciones de Correlación del CBR con Propiedades Índice de Suelos* . Universidad de Piura, Piura.
- ASTM D - 1883. (2006). *California bearing ratio (CBR)*.
- Beltrán, G. (2010). *Cuencas Hidrográficas SIG*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura , Ecuador.
- Braja M, D. (2011). *Principio de Ingeniería y Cimentaciones. Séptima Edición*. México D.F.: Cengage Learning.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras* . Bogotá : ECOE Ediciones.
- Centeno Dávila, M. (2015). Análisis hidrológico – hidráulico para los puentes en zonas de inundación generadas por el proyecto “PACALORI”. *Análisis hidrológico*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Chanson, H. (2002). *Hidraulica de flujos en Canales abiertos*. Bogota: McGraHill.
- Chow, V. T. (1994). *Desarrollo del Flujo Uniforme y de sus Ecuaciones en McGraw-Hill (Eds.)*, *Hidráulica de Canales Abiertos (pp.19)*. Santafé de Bogotá: Editorial Nomos.
- Congreso Nacional de Hidraulica. (2012). *Metodos para el Calculo de Tirantes Normales Y Criticos*. AMH, 7.

- Del Toro Ávila, N. V. (2013). Bases y criterios de diseño de canales con flujo escalonado y sujetos a aireación natural. [*Trabajo de tesis de Ingeniero Civil. Carrera de Ingeniería Civil*]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- ECUASOIL Laboratorio de Mecánica de Suelos. (2021). *Informe*.
- Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Centro de Estudios para el Desarrollo-CED.
- Fierro, D., & Jiménez, L. (2011). *Caracterización de la microcuenca del río manzano, cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y propuesta de plan de manejo utilizando herramientas SIG*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Vicente. (2019, julio 31). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PVM*. Pedro Vicente Maldonado, Pichincha, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pedro Vicente Maldonado. Retrieved from <http://app.sni.gob.ec>
- Gordon, K., & Sherar. (2004). *Ingeniería de caminos rurales*. California: Virginia Tech.
- Gutiérrez Caiza, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Quito: ABYA YALA.
- Heras, R. (1972). *Manual de hidrología*. Madrid: Instituto de Hidrología.
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2008). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.
- INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). Quito: INAMHI.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Quito: INEC.
- INEN-Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *RTE INEN 004-1:2011*. Quito: INEN.
- INEN-Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *RTE INEN 004-2:2011*. Quito: INEN.

- Instituto Geográfico Militar. (2021). *Estaciones de monitoreo continuo EPEC, que es parte de la REGME*. Quito: IGM.
- Instituto Nacional de Vías. (2009). *Manual de Drenaje de Carreteras*. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería. Retrieved from <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras/file>
- Lemos, R. (2000). *Drenaje vial superficial y subterráneo*. Cauca: Departamento de Hidráulica .
- León Peláez, J. D. (2014). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulhus, J. (1949). *Applied hydrology*. New York, USA: Mc GrawHill. 689 p. New York, USA: Mc GrawHill.
- Manosalve, G. (1995). *Hidrología en la ingeniería*. Santa Fe, Colombia.
- Matos, J. (2000).
- Memoria Técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado. (2013). *Proyecto: "Generación de Geo información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1: 25 000" Geopedología*. Pedro Vicente Maldonado.
- Mesa, D. G. (2002, Jul - Dic). Los Criterios de decisión para la Evaluación. Algunas reflexiones. *Revista Economía y desarrollo*, 131(2), 148.
- Ministerio de Obras Públicas. (2002). *MOP - 001-F*. Quito: Ministerio de Obras Públicas.
- Monsalve S., G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- Montejo, A. (2008). *Ingeniería de pavimentos Fundamentos, estudios básicos y diseño*. Bogotá D.C.: Panamericana Formas.

- MOP. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras MOP*. Quito: Ministerio de Obras Públicas.
- MOP NEVI-12 Libro B. (2013). *Norma para estudios y diseños viales (Vol. 2 Libro B)*. Quito: Subsecretaría de Infraestructura del Transporte.
- Morales Sosa, H. A. (2006). *Ingeniería vial I*. Santo Domingo: Búho.
- Ortiz, O. (2004). *Evaluación Hidrológica*. Lima-Perú: Hidrored.
- Posso Prado, H. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogotá : Instituto Nacional de Vias.
- Rodríguez, V. (2014). *Evaluación de los procesos hidrológicos en microcuencas hidrográficas*. Botucato, Brasil: Universidad Estatal Paulista - UNESP.
- Ruiz, C. d. (2017). Metodología para determinar la factibilidad de un proyecto . *Publicando*(13), 188. Retrieved 11 01, 2017
- Ruiz, M. (2012). *Precursores de la Ingeniería Geotécnica*.
- Ruiz, P. R. (2008). *Hidraulica II*. Oaxaca: Pedro Rodríguez.
- Salgado, A. (1989). *Caminos en el Ecuador Estudio y Diseño*. Quito: Universitaria.
- Sanhueza Plaza, C., & Rodriguez Cifuentes, L. (2013, 01 07). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construccion, 12 N°1*, 29.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Tecnicas de Remediacion, Tomo II*. Universidad Industrial de Santander UIS.
- USACE. (2000). *HEC-HMS HYDROLOGIC MODELING SYSTEM, TECHNICAL REFERENCE MANUAL*. DAVIS, CA.
- Villón, M. (2002). *Hidrología. 2da. ed*. Lima: Maxsoft.

Vivero, A. X. (2002). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de palmito*.
Zamorano.

Yasuda, Y., & Ohtsu, I. (1999). *Flow resistance of skimming flow in stepped channels. XXVIII* .
Graz, Austria: IAHR Congress.