



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“ DISEÑO PRELIMINAR DE UN CAMINO VECINAL DE APROXIMADAMENTE 900 METROS DE LONGITUD QUE ENLAZA DOS CAMINOS VECINALES, COMUNA SAN JOSÉ, PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA SANTA ELENA, ECUADOR”

Monografía previa a la obtención del título de Ingeniero Civil

AUTOR:

David Telmo Durán Rodas

TUTOR:

Ing. Jaime Rolando Guzmán Crespo

Febrero, 2014

Cuenca – Ecuador



RESUMEN

La loma al este de la comuna de “San José de Ancón” (parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia Santa Elena, Ecuador) tiene un crecimiento urbano, turístico, económico (Hotel Samai, quintas vacacionales, residenciales, etc.). Existen dos caminos vecinales que se dirigen a esta loma; sin embargo, no hay enlace entre ellos; por lo que el acceso a esta zona es un problema. Una solución a este inconveniente es crear un anillo vial seguro, diseñado técnicamente para lograr que este proyecto cause el menor impacto ambiental posible. Para esto se ha planificado el diseño preliminar de un camino vecinal de 895,5 metros de longitud, que enlaza dos ramales de los dos caminos vecinales que se dirigen a la loma; el mismo que sigue la normativa ecuatoriana. El diseño preliminar incluye la selección de la ruta, diseño geométrico (alineamiento vertical y horizontal), diseño de la estructura de pavimento, diseño del drenaje de obras de arte menor y una estimación presupuesto.

Palabras clave: Camino vecinal, Alineamiento, Pavimento, Drenaje, Presupuesto.



ABSTRACT

The east hill of the town "San José de Ancon" (Manglaralto parish, Santa Elena county, Santa Elena province, Ecuador) has an urban, touristic, and economic growth (Hotel Samai, holiday houses, etc.). There are two local roads to this hill, but there are no connections between them, hindering the access to this area. A solution to this problem is to set up a road ring, technically designed to cause the least environmental impact. To build this ring, I have planned the preliminary design of a local road, which is 895,5 meters long, which links two branches of the two local roads. This design follows the Ecuadorian regulations. The preliminary design includes the selection of the route, geometric design (horizontal and vertical alignment), pavement structure and drainage design, and budget.

Keywords: Local Road, Alignment, Pavement, Drainage, Budget.



Contenido

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCION	12
1.1	Introducción.....	12
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo general.....	12
1.2.2	Objetivos específicos.....	12
1.3	Ubicación del proyecto	12
1.4	Descripción general del contenido de la tesis	13
2	CAPÍTULO II: SELECCIÓN DE RUTA.....	16
2.1	Introducción.....	16
2.2	Recopilación de la información disponible	16
2.2.1	Trabajo preliminar en campo	17
2.3	Trazado de alternativas.....	18
2.4	Evaluación de alternativas	20
2.4.1	Evaluación ambiental.....	20
2.4.2	Evaluación por tenencia de suelo y topografía	21
2.4.3	Evaluación geológica.....	23
2.4.4	Evaluación estratégica y económica.....	24
2.4.5	Selección de la ruta	24
3	CAPÍTULO III: VALORES DE DISEÑO	25
3.1	Estudio de Tráfico	25
3.2	Clasificación de la carretera	26
3.3	Vehículo de diseño.....	27
3.4	Velocidad de diseño y velocidad de circulación	27
3.5	Mínima distancia de visibilidad.....	27
3.6	Estudio de la Subrasante	29
3.6.1	Calicatas	29
3.6.2	Ensayos de laboratorio	30
3.6.3	Clasificación del suelo de la subrasante.....	30
4	CAPÍTULO IV: ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	31
4.1	Topografía.....	31
4.2	Sección transversal de diseño	33
4.3	Generalidades del alineamiento horizontal	35
4.4	Peralte y radios de curvatura	37
4.5	Transición del peralte.....	38



5	CAPÍTULO V: ALINEAMIENTO VERTICAL	44
5.1	Generalidades	44
5.2	Tangentes y Curvas verticales	44
6	CAPÍTULO VI: MOVIMIENTO DE TIERRAS	48
7	CAPÍTULO VII: DISEÑO DEL PAVIMENTO	52
7.1	Generalidades	52
7.2	Diseño de la estructura del pavimento	52
7.2.1	Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas	52
7.2.2	Dimensionamiento de la capa de rodadura	53
8	CAPÍTULO VIII: DISEÑO DEL DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR	54
8.1	Generalidades	54
8.2	Análisis Hidrológico	54
8.3	Drenaje longitudinal.....	55
8.3.1	Diseño de Cunetas	55
8.4	Drenaje transversal: Alcantarillas	57
9	CAPÍTULO IX: PRESUPUESTO DE OBRA	63
9.1	Rubros y Cantidades de obra.....	63
9.2	Presupuesto del proyecto.....	67
10	CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
11	CAPÍTULO XI: BIBLIOGRAFÍA.....	69
12	ANEXOS.....	71



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1-1: Ubicación de la Comuna San José de Ancón ⁽¹⁷⁾	14
Ilustración 1-2: Mapa general del proyecto ⁽¹⁷⁾	15
Ilustración 2-1: Ramal hacia el Hotel Samai ⁽¹⁷⁾	17
Ilustración 2-2: Perfil vertical de las rutas ⁽¹⁷⁾	18
Ilustración 2-3: Alternativas de rutas del proyecto ⁽¹⁷⁾	19
Ilustración 2-4: Alternativas de rutas y uso del suelo ⁽¹⁷⁾	20
Ilustración 2-5: Vegetación en la zona del proyecto	21
Ilustración 2-6: Alternativas de rutas y visibilidad ⁽¹⁷⁾	22
Ilustración 2-7: Alternativas de rutas y su geología ⁽¹⁷⁾	23
Ilustración 3-1: Ubicación de la estación de conteo de tráfico ⁽¹⁷⁾	25
Ilustración 3-2: Ubicación y fotos de las calicatas en la ruta seleccionada ⁽¹⁷⁾	29
Ilustración 4-1: Estación total empleada en el proyecto	31
Ilustración 4-2: Puntos levantados y poligonal del proyecto	32
Ilustración 4-3: Ensanchamiento de caminos vecinales tipo 4 y 4E ⁽¹⁴⁾	33
Ilustración 4-4: Secciones transversales básicas del proyecto	34
Ilustración 4-5: Elementos de una curva simple horizontal ⁽³⁾	35
Ilustración 4-6: Línea de ceros y eje del proyecto	36
Ilustración 4-7: Coeficiente de fricción lateral máximo ⁽²¹⁾	37
Ilustración 4-8: Diagrama del peralte en curvas horizontales para $V_d=25\text{km/h}$ y $e_{\text{max}}=8\%$ ⁽¹⁴⁾	38
Ilustración 4-9: Fases de transición parcial del peralte: vista transversal ⁽¹⁵⁾	38
Ilustración 4-10: Transición del peralte ⁽¹⁵⁾	40
Ilustración 4-11: Anillo vial del proyecto	43
Ilustración 5-1: Método del trazado del alineamiento vertical	44
Ilustración 5-2: Partes principales de una curva vertical ⁽¹⁵⁾	45
Ilustración 6-1: Prismoide, tronco de piramoide y piramoide ^[2]	48
Ilustración 6-2: Dimensiones para el muro del proyecto	49
Ilustración 6-3: Curva de masas del proyecto	51
Ilustración 7-1: Espesor requerido del pavimento para caminos tipo 4 ⁽¹⁴⁾	53
Ilustración 7-2: Dimensiones de espesores del pavimento del proyecto	53
Ilustración 8-1: Dimensionamiento de las cunetas	55
Ilustración 8-2: Cuencas hidrográficas y áreas de aporte a las alcantarillas del proyecto ⁽¹⁷⁾	59
Ilustración 8-3: Alcantarillas del proyecto: Vista transversal	61
Ilustración 8-4: Alcantarillas del Proyecto: Vista en Planta	62
Ilustración 9-1: Dimensiones mínimas de la zanja donde estará ubicada la alcantarilla ⁽²⁵⁾	63
Ilustración 9-2: Dimensiones para salidas tipo ala ⁽²⁴⁾	64
Ilustración 9-3: Dimensiones para entradas tipo cajón ⁽²⁴⁾	65
Ilustración 9-4: Ubicación de la cantera. Fuente: Google Maps	66
Ilustración 12-1: Medidas para análisis de estabilización del muro	81
Ilustración 12-2: Mapa de zonificación de intensidades de precipitación ⁽¹⁶⁾	83



Índice de Tablas

Tabla 1-1: Coordenadas a las entradas de los caminos vecinales.....	13
Tabla 2-1: Características y coordenadas inicial y final de las alternativas	19
Tabla 2-2: Porcentaje que cada ruta ocupa con respecto al uso del suelo	21
Tabla 2-3: Porcentaje de zonas de visibilidad para las alternativas de ruta	22
Tabla 2-4: Evaluación de las alternativas	24
Tabla 3-1: Conteo volumétrico en el “camino vecinal 2”	26
Tabla 3-2: Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado (21).....	26
Tabla 3-3: Subclasificación de caminos vecinales (14).....	26
Tabla 3-4: Dimensiones del vehículo de diseño (12).....	27
Tabla 3-5: Velocidad de diseño según el tipo de carretera(21)	27
Tabla 3-6: Relación entre Velocidad de diseño y de circulación (21)	27
Tabla 3-7: Distancia mínima de visibilidad de parada de un vehículo (21).....	28
Tabla 3-8: Calicatas realizadas en la ruta seleccionada	29
Tabla 3-9: Límites de Atterberg para el suelo del proyecto.	30
Tabla 4-1: Puntos de intersección de la poligonal del proyecto.....	31
Tabla 4-2: Talud de corte con respecto al tipo de material (14)	33
Tabla 4-3: Peraltes para distintos radios (14).....	37
Tabla 4-4: Valores de la gradiente relativa “i” (21)	39
Tabla 4-5: Longitud de sobreancho para distintos radios en el proyecto (21)	41
Tabla 4-6: Sentido de curvas y Puntos de intersección del proyecto	41
Tabla 4-7: Principales componentes del alineamiento horizontal del proyecto	42
Tabla 5-1: Gradientes medias máximas según el tipo de carretera (21)	44
Tabla 5-2: Principales componentes de alineamiento vertical del proyecto	46
Tabla 5-3: Resumen del diseño vertical del proyecto	47
Tabla 6-1: Tabla de factores volumétricos de distintos materiales (7).....	49
Tabla 6-2: Áreas y volúmenes de corte y relleno del proyecto	50
Tabla 7-1: FEC para pavimentos flexibles para ejes simples (SN=2, Pt=2) (13).....	52
Tabla 8-1: Ecuaciones de intensidad máxima en la Zona 8 (16).....	54
Tabla 8-2: Valores de "n" de Manning (5).....	55
Tabla 8-3: Coeficientes de escorrentía (4)	58
Tabla 8-4: Cálculo del caudal de diseño para las alcantarilla del proyecto	58
Tabla 8-5: Longitudes de alcantarillas del proyecto	60
Tabla 9-1: Características del material granular para la capa de rodadura (20).....	65
Tabla 9-2: Resumen de cantidades de obra del proyecto	67
Tabla 9-3: Presupuesto de la construcción del proyecto.....	67
Tabla 12-1: Ángulo de fricción para distintos suelos (7).....	82
Tabla 12-2: Cálculo de fuerzas y momentos estabilizantes	82
Tabla 12-3: (16) Precipitación máxima en 24 horas en la estación de Julcuy	84
Tabla 12-4: Cálculos para la bondad de Ajuste de Kolmogorov - Smirnov	85
Tabla 12-5: Cálculos adicionales para el test Kolmogorov - Smirnov.....	85
Tabla 12-6: Precipitaciones máximas en 24 para distintos tiempos de retorno.....	86
Tabla 12-7: Distribución del estadístico Kolmogorov – Smirnov. (8)	86



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, David Telmo Durán Rodas, autor de la tesis **"DISEÑO PRELIMINAR DE UN CAMINO VECINAL DE APROXIMADAMENTE 900m DE LONGITUD QUE ENLAZA DOS CAMINOS VECINALES, COMUNA SAN JOSÉ, PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA SANTA ELENA, ECUADOR"**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 11 de Febrero de 2014

David Telmo Durán Rodas
0103585428

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, David Telmo Durán Rodas, autor de la tesis **"DISEÑO PRELIMINAR DE UN CAMINO VECINAL DE APROXIMADAMENTE 900m DE LONGITUD QUE ENLAZA DOS CAMINOS VECINALES, COMUNA SAN JOSÉ, PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA SANTA ELENA, ECUADOR"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 11 de Febrero de 2014

David Telmo Durán Rodas.
0103585428



DEDICATORIA

A mi padre Telmo, a mi madre Lorena, a mi hermana Gaby, a mis abuelas y abuelos.

Para ti Bernarda.

David Durán Rodas

Cuenca, Febrero de 2014



AGRADECIMIENTOS

A mi familia, amigas y amigos por su apoyo incondicional.

Al Ing. Jaime Guzmán por su dirección que con paciencia aportó sus conocimientos e hizo posible la realización de este proyecto.

Al Hotel Samai que contribuyó económicamente para que salga adelante el proyecto.

David Durán Rodas

Cuenca, Febrero de 2014



1. CAPÍTULO I: INTRODUCCION

1.1 Introducción

La comuna de “San José de Ancón” (parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia Santa Elena, Ecuador) es una comuna “abandonada”, pero que dispone de recursos turísticos como la playa y la montaña con bosque húmedo tropical. Existen dos caminos vecinales que se dirigen a la montaña, la cual tiene una vista maravillosa al océano y a la flora y fauna tropical de la zona; sin embargo, no hay enlace entre ellos; por lo que constituye un problema para el acceso a esta zona. Una solución para promover el desarrollo de la comuna es crear un anillo vial seguro, diseñado técnicamente para que sus habitantes tengan acceso a la montaña; para así mejorar su comercio y movilidad e impulsar la ocupación habitacional y turística por medio de la apertura de centros turísticos como hoteles, restaurantes y miradores. Además, en la montaña está ubicado el “Hotel Samai”, el cual es un hotel reconocido en la zona y necesita accesos seguros, sustentables, amigables con el medio ambiente para promover el ecoturismo.

El presente trabajo constituye el diseño preliminar de un camino vecinal que enlaza dos ramales correspondientes a los dos caminos vecinales que se dirigen a la montaña; para así formar dicho anillo vial. El diseño sigue la normativa ecuatoriana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Efectuar el diseño preliminar de una vía que enlace dos ramales pertenecientes a los dos caminos vecinales más importantes de la comuna San José con el “Hotel Samai” para formar un anillo vial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la ruta más segura, económica y que menos impacto ambiental ocasione para la conexión de los dos ramales de los dos caminos vecinales existentes.
- Levantar a detalle la franja topográfica por donde se ubicará el camino vecinal.
- Trazar el alineamiento horizontal y vertical del camino vecinal.
- Obtener el tipo y la resistencia de los suelos existentes en la ruta que se va a seleccionar.
- Diseñar una estructura del pavimento del camino vecinal.
- Analizar y diseñar el sistema de drenaje de obras de arte menor del camino vecinal.
- Determinar las cantidades de obra y el presupuesto referencial del proyecto preliminar.

1.3 Ubicación del proyecto

El proyecto está ubicado en la loma de San José, Comuna San José de Ancón, Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, Provincia Santa Elena, Ecuador (Ilustración 1-1). La comuna San José de Ancón se encuentra al norte de la comuna “Curia” y al sur de la comuna “San Francisco de las Núñez”; además al oeste de ésta se localiza el Océano Pacífico y al este la loma “San José”. Además, se encuentra a 64,3 km dirección norte de la ciudad de Santa Elena; a 10,7 km dirección norte de Manglaralto; a 4km dirección norte de Olón.



Para acceder a la loma de San José hay dos caminos vecinales, con su inicio en la carretera E15 o Troncal del Pacífico. El camino vecinal, ubicado en el kilómetro 0+699,6 desde Mataje, Esmeraldas; se lo denominará “Camino 1”; su entrada se encuentra junto al puente del río San José (Ilustración 1-2). El camino vecinal con su inicio en la E15 en el kilómetro 0+700 se lo denominará “Camino 2”, el inicio de dicho camino se puede reconocer por medio de un letrero en la calzada que tiene escrito “Hotel Samai”. Entre las entradas a estos caminos vecinales existe 420 metros de distancia. Las coordenadas de la intersección de los caminos vecinales con la ruta E15 se encuentran en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Coordenadas a las entradas de los caminos vecinales

	Coordenadas Geográficas		Coordenada UTM WGS84 Zona 17S	
	Longitud	Latitud	Este	Norte
Entrada Camino Vecinal 1	-80,767135	-1,762864	525900	9805148
Entrada Camino Vecinal 2	-80,768011	-1,759236	525802,5	9805549

1.4 Descripción general del contenido de la tesis

En el Capítulo 2 de la presente monografía se describe el trazado y evaluación de dos alternativas de rutas que enlazan los dos ramales y la selección de la más favorable. En el Capítulo 3 se calculan los valores de diseño para el camino vecinal, que incluye el estudio de tránsito, el vehículo y velocidad de diseño, mínima distancia de parada y rebasamiento y un estudio de la subrasante. En el Capítulo 4 empieza el diseño preliminar del camino vecinal, donde se especifica la realización la franja topográfica que pasa por la ruta seleccionada, las secciones transversales de diseño y el trazado del eje de la vía; mientras que en el Capítulo 5 se narra el trazado del perfil del terreno y alineamiento vertical. En el Capítulo 6 se calcula las secciones transversales y los volúmenes de movimiento de tierras. En el Capítulo 7 se diseña la estructura del pavimento con los datos del estudio de subrasante y de tráfico por medio de un método empírico recomendado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE). En el Capítulo 8 se diseñan las obras de drenaje de arte menor, los datos pluviométricos son estimados por el método de ajuste de Gumbel y el cálculo del caudal de aporte a las obras se lo realiza por el método racional. Para concluir el diseño preliminar, en el Capítulo 9 se realiza una estimación de las cantidades de obra y del presupuesto del proyecto. La monografía culmina con el Capítulo 10, en donde se encuentran las conclusiones y recomendaciones. En el Capítulo 11 se encuentran las citas bibliográficas empleadas en el presente trabajo.



Ilustración 1-1: Ubicación de la Comuna San José de Ancón ⁽¹⁷⁾

Mapa General del Proyecto

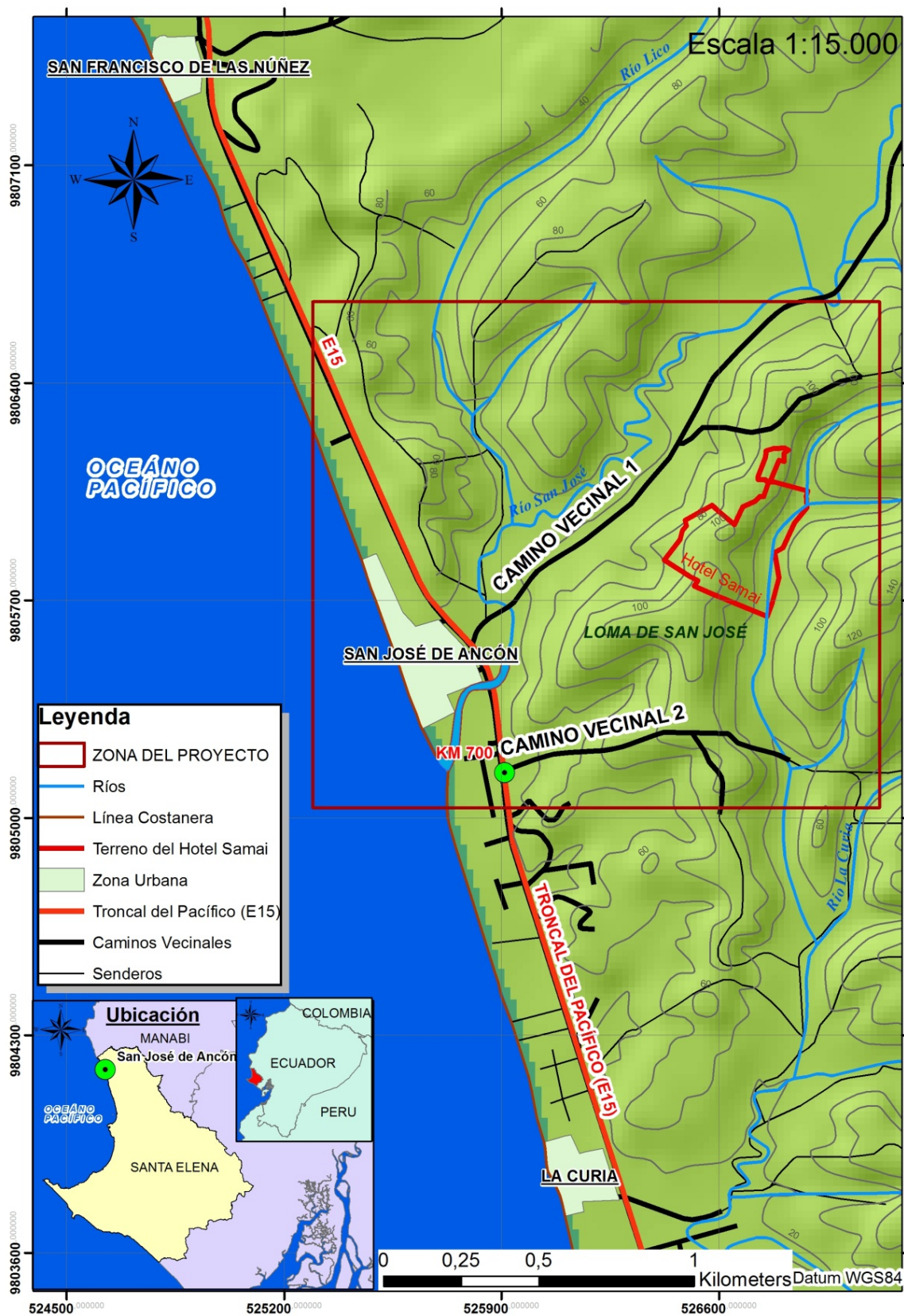


Ilustración 1-2: Mapa general del proyecto ⁽¹⁷⁾



2 CAPÍTULO II: SELECCIÓN DE RUTA

2.1 Introducción

Para el diseño preliminar del proyecto del camino vecinal se realizan los siguientes aspectos de acuerdo a la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador ⁽²¹⁾:

- A. Selección de la ruta:
 - a. Recopilación de información.
 - b. Trazado y evaluación de alternativas.
- B. Proyecto preliminar:
 - a. Determinación y levantamiento de la franja topográfica.
 - b. Diseño del alineamiento horizontal.
 - c. Diseño del alineamiento vertical.
 - d. Estudio de tráfico.
 - e. Análisis de suelos, materiales y diseño de pavimentos.
 - f. Análisis y diseño del sistema de drenaje: obras de arte menor.
 - g. Estructuras
 - h. Señalización y seguridad vial
 - i. Determinación de cantidades de obra.
 - j. Presupuesto.

2.2 Recopilación de la información disponible

Para realizar la selección de ruta del proyecto se ha recopilado la siguiente información:

- **Topografía:** En formato shape se ha recopilado la topografía a escala 1:50.000 del Ecuador (Datum WGS84) del geoportal del Instituto Geográfico Militar. Además, el “Hotel Samai” ha otorgado la topografía escala 1:750 de parte de su terreno (Datum PSAD56), las coordenadas del perímetro del mismo (Datum PSAD56) y las coordenadas de los edificios del hotel (Datum PSAD56). Por medio del software ARCGIS 10.1 se ha transformado la topografía y coordenadas del Datum PSAD56 al Datum WGS84. El perímetro del terreno y georeferenciación del hotel se muestran en el Anexo A.
- **Sistema Vial:** La vía principal en la cual inician los dos caminos vecinales es la Troncal del Pacífico (E15) que atraviesa las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena. Esta troncal es también conocida como Ruta del Sol o Ruta del Spóndylus. En la Ilustración 1-2 se muestra esta vía y los caminos vecinales de la zona del proyecto. La información del sistema vial se obtuvo del Instituto Geográfico Militar.
- **Hidrografía:** Por medio del Instituto Geográfico Militar se ha obtenido en formato shape los ríos del Ecuador a escala 1:50.000 (Datum WGS84).
- **Usos del suelo:** Se ha obtenido en formato shape los usos del suelo a escala 1:50.000 del Ecuador (Datum WGS84) otorgada por el Instituto Geográfico Militar, que incluye vegetación, vías, senderos y zonas urbanas. Para la selección de ruta y diseño del drenaje se requiere conocer el uso del suelo actual de la zona del proyecto.
- **Geología y Geología estructural:** Se ha obtenido la carta geológica “Manglaralto” a escala 1:100.000 del Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador (INIGEMM), que servirá para realizar la evaluación geológica de la ruta.

2.2.1 Trabajo preliminar en campo

En el trabajo de campo con la utilización de un GPS Garmin Oregon, se ha realizado la toma de las coordenadas de los caminos vecinales y de un ramal que comunica al hotel Samai con el “Camino Vecinal 2” (Ilustración 2-1). En campo se ha determinado que los caminos vecinales y sus ramales presentan un ancho de cuatro metros y una superficie de rodadura granular.

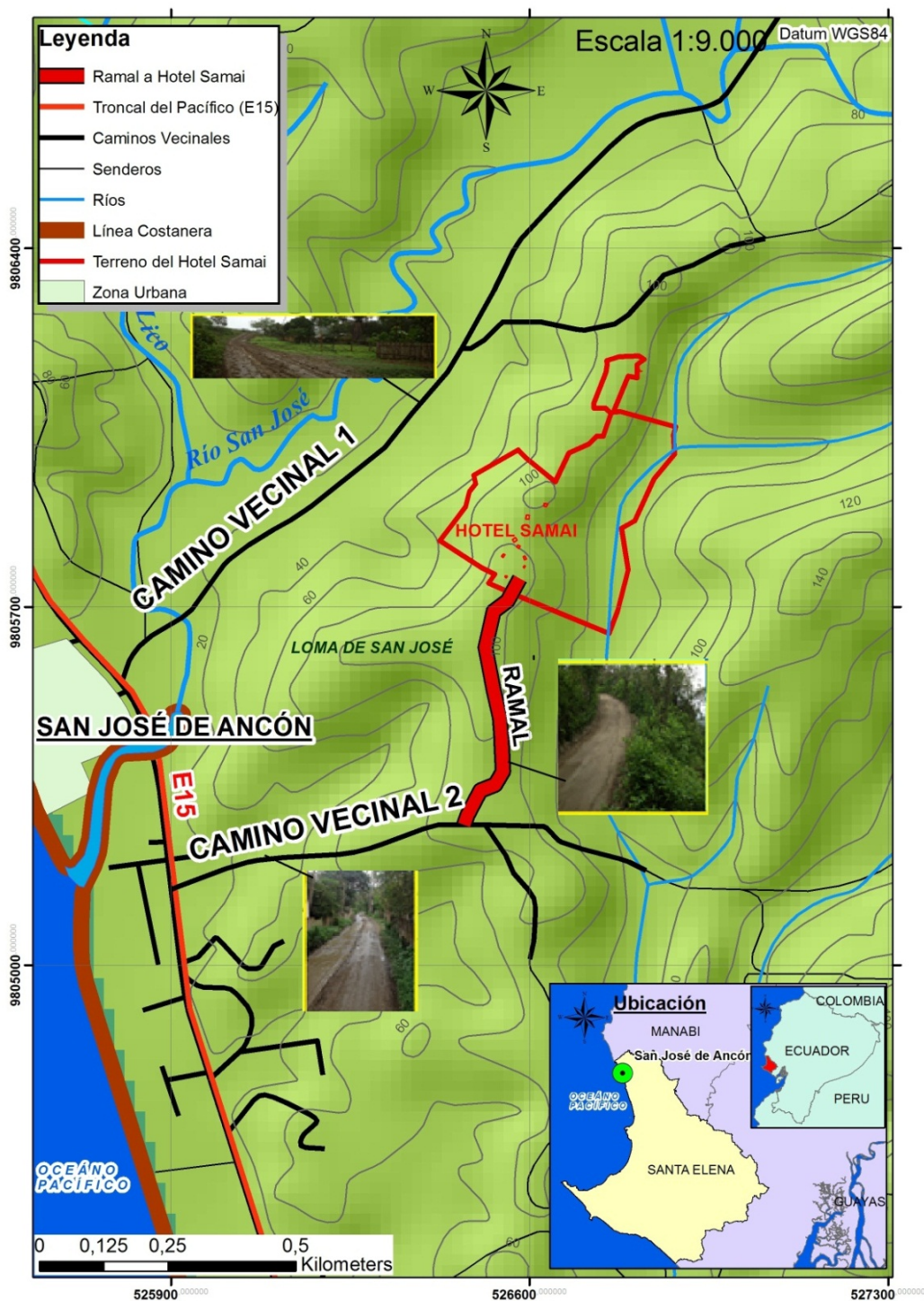


Ilustración 2-1: Ramal hacia el Hotel Samai ⁽¹⁷⁾

2.3 Trazado de alternativas

Una ruta es una franja de terreno que se encuentra entre dos puntos obligados extremos y que pasa por puntos obligados intermedios ⁽³⁾. En base a este concepto, se ha determinado que el punto obligado inicial debe encontrarse en el ramal que enlaza el Hotel Samai con el “camino vecinal 2” y que el punto obligado final estará en un sitio del ramal del “camino vecinal 1”. En la ruta no hay puntos obligados intermedios. En realidad para el diseño de un camino pequeño como el del proyecto, no se requiere realizar una selección de rutas; sin embargo se lo ha realizado para demostrar a los promotores del proyecto que la ruta que se ha seleccionado es la más óptima.

El trazado de las rutas se lo ha realizado sobre el mapa topográfico de “Olón” del Instituto Geográfico Militar (IGM) ⁽¹⁷⁾ a escala 1:50.000, con curvas de nivel cada 20 metros. Al ser la escala tan grande, se ha interpolado las curvas de nivel por medio del programa ArcGis 10.1 para tenerlas en intervalos de 10m de cota y se ha realizado un mapa a **escala 1:3.700** (Ilustración 2-3). La pendiente máxima del trazado es del 10% ⁽²¹⁾.

De todas las opciones de rutas que vinculen dichos puntos, se ha optado por dos alternativas (Ruta A-B y Ruta A-C), separadas entre sí una distancia promedio de 150m aproximadamente (Ilustración 2-3). El punto inicial “A” de ambas rutas está ubicado a 900m de la Troncal del Pacífico “E15”. Las coordenadas extremas de las rutas y sus características están detalladas en la Tabla 2-1. Los perfiles de las alternativas se encuentran en la Ilustración 2-2.

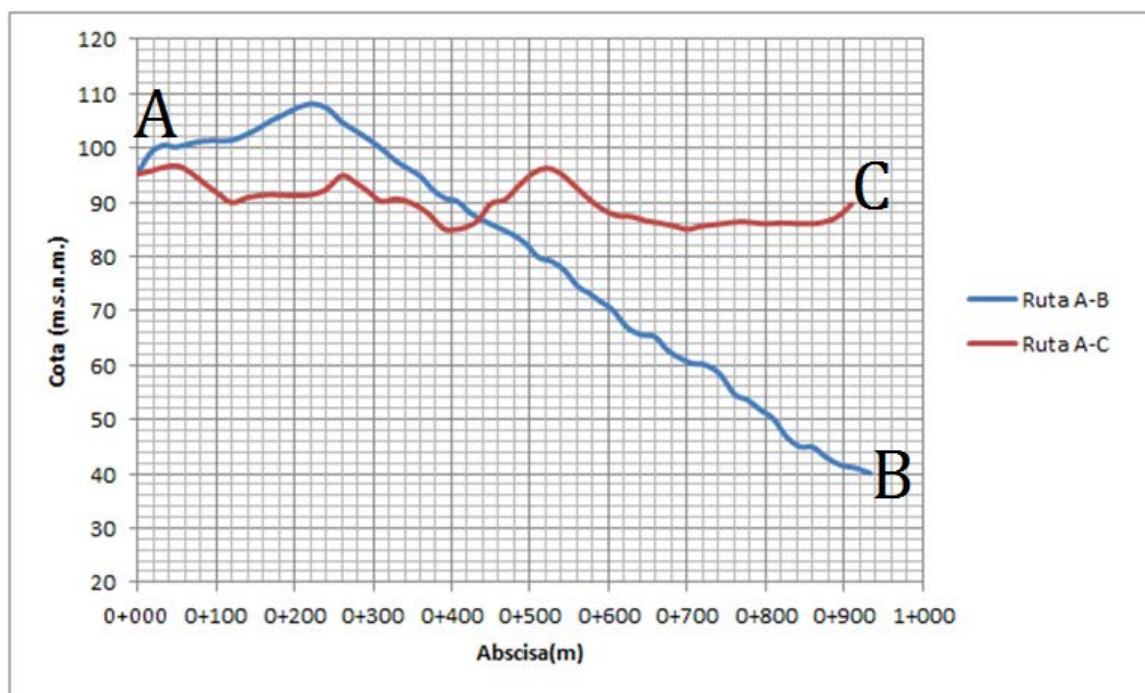


Ilustración 2-2: Perfil vertical de las rutas ⁽¹⁷⁾

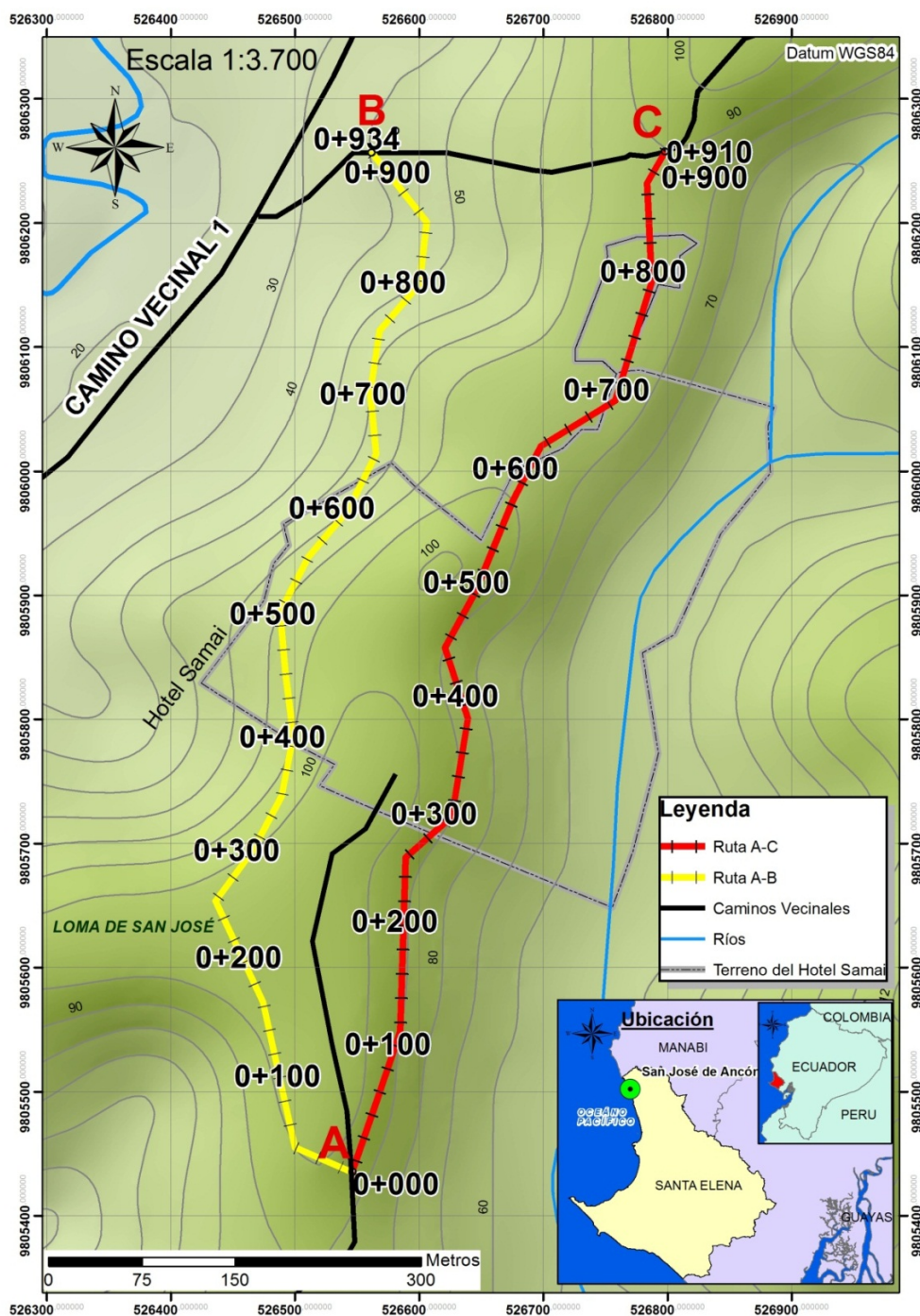


Ilustración 2-3: Alternativas de rutas del proyecto ⁽¹⁷⁾

Tabla 2-1: Características y coordenadas inicial y final de las alternativas

	Ruta A-B	Ruta A-C
Coordenadas del punto inicial:		
Este	526546	526546
Norte	9805435	9805435
Cota	98 m.s.n.m.	98 m.s.n.m.
Coordenadas del punto final:		
Este	526560	9806260
Norte	526799	980258
Cota	40 m.s.n.m.	80m.s.n.m.
Longitud:	935m	910m
Desnivel:	55m	5m

2.4 Evaluación de alternativas

Para definir la mejor alternativa, se ha realizado las siguientes evaluaciones: ambiental, geológica, tenencia de suelo y topográfica, estratégica y económica.

2.4.1 Evaluación ambiental

2.4.1.1 Usos de suelo

Las dos alternativas propuestas atraviesan por bosque natural y vegetación arbustiva (Ilustración 2-5). El bosque natural es un área con alta densidad de árboles. La vegetación arbustiva comprende especies arbustivas no cultivadas. La ruta A-B cruza un 11% de bosque natural vs el 64% de la ruta A-C (Tabla 2-2). Se concluye que desde el punto de vista del uso del suelo la ruta A-B es la más óptima, debido a que su construcción involucra una menor tala de vegetación.

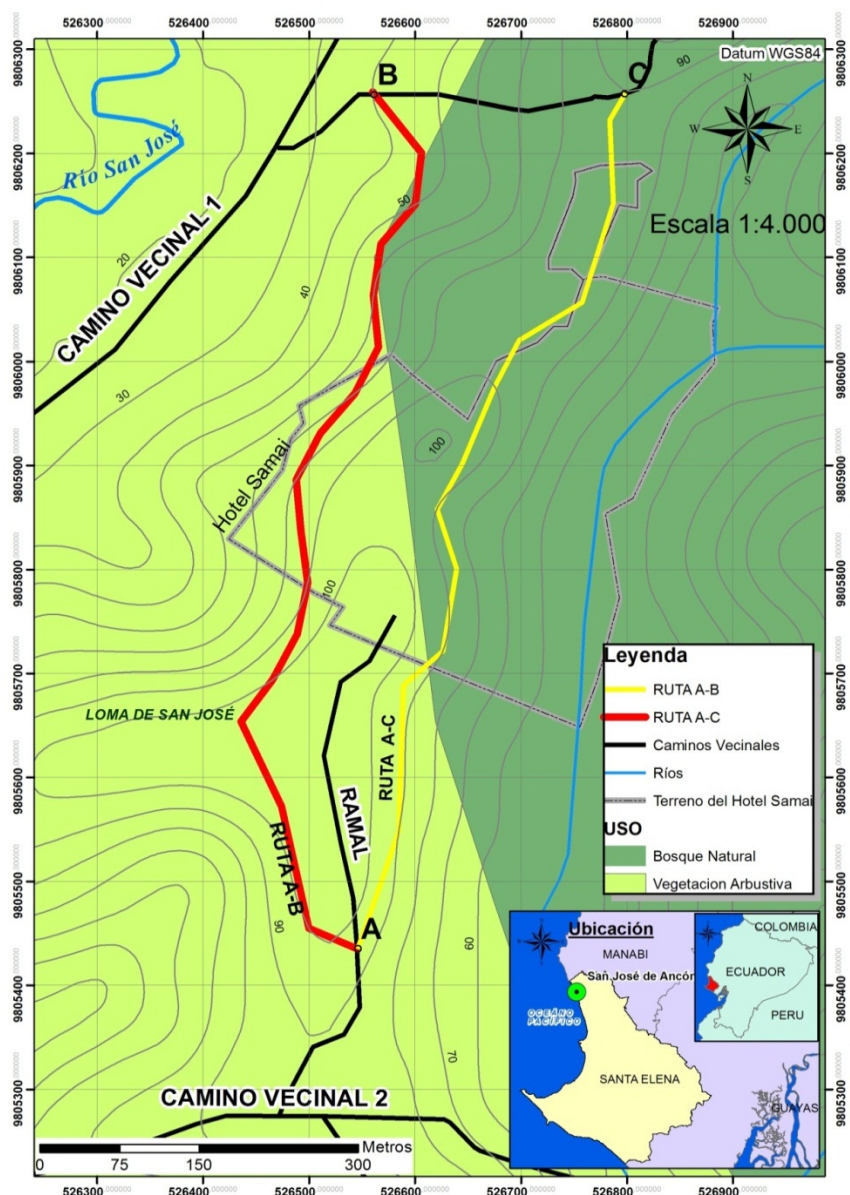


Ilustración 2-4: Alternativas de rutas y uso del suelo ⁽¹⁷⁾



Ilustración 2-5: Vegetación en la zona del proyecto

Tabla 2-2: Porcentaje que cada ruta ocupa con respecto al uso del suelo

Uso de Suelo	Ruta A-B (%)	Ruta A-C (%)
Bosque natural	11	64
Vegetación arbustiva	89	36

2.4.1.2 Visibilidad

Se ha realizado un mapa mediante el software ARCGIS 10.1., con el que se define que tan visible es un determinado espacio (pixel) de la ruta desde diferentes puntos estratégicamente ubicados en un radio de 2 kilómetros en 4 diferentes zonas (Anexo B). Las zonas escogidas para la medición son: la vía principal y el pueblo San José, la zona más alta al este y al oeste del río San José y en el Hotel Samai. Si un espacio (pixel) es visible desde cualquiera de las 4 zonas, éste tiene un valor de 1 punto, si es visible desde dos zonas tiene 2 puntos, así sucesivamente hasta los 5 puntos. Si es visible desde el pueblo de San José o desde la vía principal se le suma 2 puntos, ya que es la zona de mayor movilidad de personas por lo que es importante que haya menos intrusión visual. La mejor alternativa de ruta será la que menos puntos de impacto presente.

En la Tabla 2-3 se especifica el porcentaje de visibilidad de cada zona para dos alternativas de rutas y éstas se multiplican por el número de puntos. La ruta A-B causa mayor impacto visual con 303 puntos en comparación a la ruta A-C con 237 puntos; por lo tanto la ruta A-C es la mejor alternativa desde el punto de vista de visibilidad. Los tipos de visibilidad por las que pasan las alternativas se grafican en la Ilustración 2-6.

2.4.2 Evaluación por tenencia de suelo y topografía

Del reconocimiento terrestre de las dos rutas se ha concluido que la ruta A-B atraviesa terrenos privados de propietarios que no corresponden a la comuna de San José o al Hotel Samai; además, es atravesada por tres quebradas muy pronunciadas con pendientes mayores al 30% (Dato obtenido por toma de puntos con GPS Oregon). Mientras que la ruta A-C atraviesa en su mayoría por terreno del Hotel Samai, cuyos propietarios están dispuestos a ceder de forma gratuita el espacio para esta vía; no hay pendientes muy abruptas y no hay paso de quebradas. Por lo expuesto desde el punto de vista de tenencia de suelo y topografía la mejor alternativa es la ruta A-C.

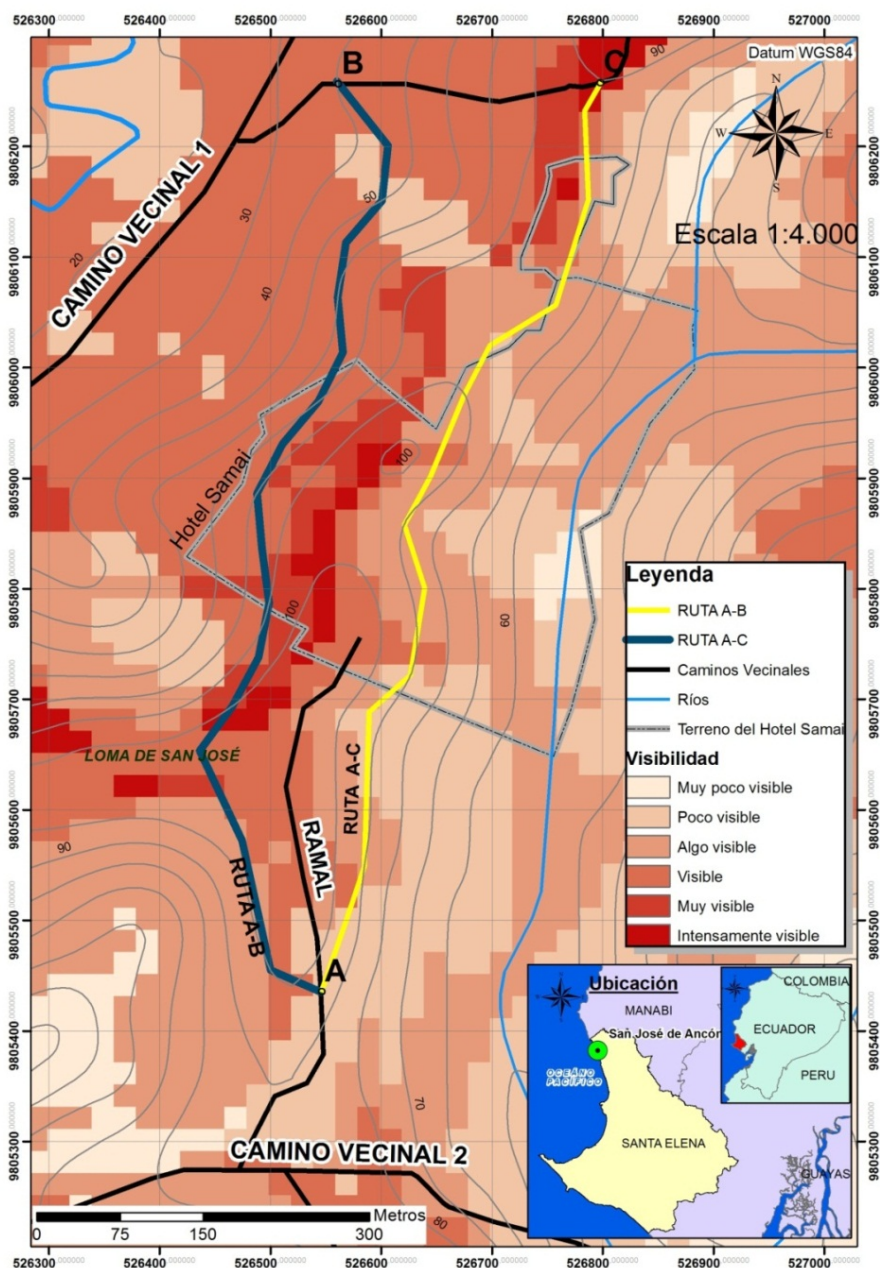


Ilustración 2-6: Alternativas de rutas y visibilidad ⁽¹⁷⁾

Tabla 2-3: Porcentaje de zonas de visibilidad para las alternativas de ruta

Ruta A-C			Ruta A-B		
Porcentaje de visibilidad (%)	Tipo de Visibilidad	Puntos	Porcentaje de visibilidad (%)	Tipo de Visibilidad	Puntos
0	Muy poco visible (0)	0	0	Muy poco visible (0)	0
24	Poco visible (1)	24	7	Poco visible (1)	7
60	Algo visible (2)	120	16	Algo visible (2)	32
13	Visible (3)	39	63	Visible (3)	189
0	Muy Visible (4)	0	10	Muy Visible (4)	40
4	Intensamente visible (5)	20	3	Intensamente visible (5)	15
Total		203	Total		283

2.4.3 Evaluación geológica

En la zona del proyecto se pueden identificar 3 formaciones a nivel regional ⁽¹⁸⁾:

- Depósitos aluviales (Da) (Cuaternario, Pleistoceno y Holoceno).
- Formación Zapotal (E3-O1) (Terciario, Eoceno Superior- Oligoceno Inferior).
- Grupo Ancón (E2-3) (Terciario, Eoceno Medio – Superior)

Dentro de la zona del proyecto existe una falla al norte del Terreno del Hotel Samai en dirección Noroeste- Sudeste con una longitud de 2,37 km.

Desde el punto de vista de la evaluación geológica, ambas alternativas atraviesan el Grupo Ancón (Ilustración 2-7), el cual presenta interestratificaciones de areniscas, arcillas, limonitas y lutitas que varían de azul a plomo. Las limonitas son rocas originadas por la compactación y cementación de sedimentos limosos.

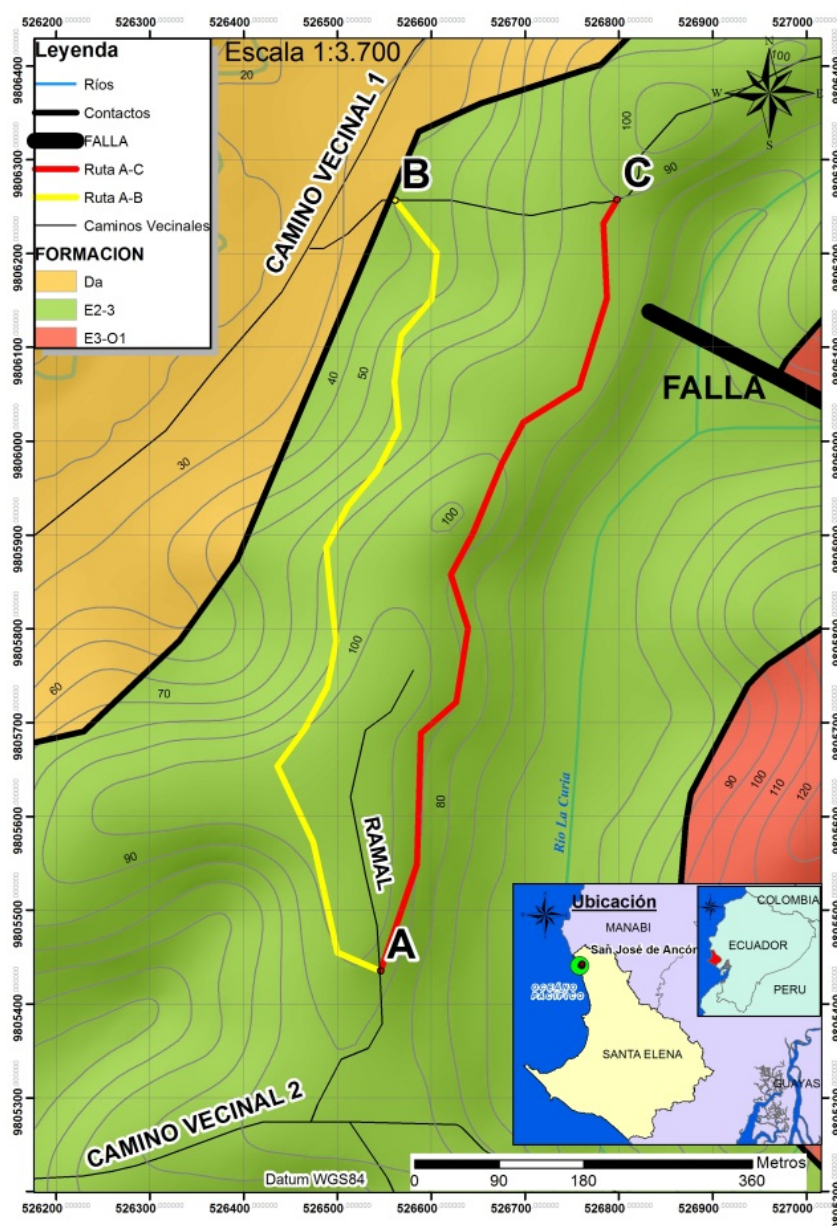


Ilustración 2-7: Alternativas de rutas y su geología ⁽¹⁷⁾



Esta formación a nivel local presenta limo de color amarillo, identificado por el recorrido terrestre. La ruta A–C se aproxima a una falla, sin embargo en el reconocimiento terrestre no se encontró evidencias de falla como grietas o árboles inclinados. Desde el punto de vista de geología estructural, se recomienda la ruta A-B.

2.4.4 Evaluación estratégica y económica

Debido a que la ruta A-B tiene pendientes más elevadas y de mayor longitud, implica un mayor costo de construcción; además requiere mayores obras de drenaje puesto que atraviesa por 3 quebradas que en su gran mayoría son de propiedad privada de dueños que no son promotores del proyecto. Por lo que se concluye que estratégica y económicamente la alternativa que más favorece es la ruta A-C.

2.4.5 Selección de la ruta

En base a los criterios explicados anteriormente se presenta la evaluación de ambas alternativas de rutas, asignando el valor “1” a la mejor alternativa en cada criterio evaluativo y “0” a la peor alternativa (Tabla 2-4).

Tabla 2-4: Evaluación de las alternativas

Evaluación	Ruta A-B	Ruta A-C
Ambiental:		
Usos de Suelo	1	0
Visibilidad	0	1
Geología	1	0
Tenencia de suelo	0	1
Topografía	0	1
Estratégica y económica	0	1
Total	2	4

1=Alternativa más favorable

0=Alternativa menos favorable

En la Tabla 2-4 se observa que la ruta A-C obtiene 4 puntos mientras que la ruta A-B alcanza apenas 2 puntos; por lo tanto la ruta seleccionada para el proyecto es la **ruta A–C**. Como complemento a esta decisión se resumen las siguientes razones favorables a esta ruta:

- Menor longitud.
- Menor impacto visual.
- Pendientes más suaves.
- Atraviesa terrenos de propiedad de los promotores del proyecto.
- No atraviesan cursos de agua.
- La vista al océano es maravillosa, pudiéndose desarrollar en futuro el turismo por medio de la construcción de miradores.
- No atraviesa ninguna estructura geológica perjudicial.
- Menor costo de construcción.

Es importante recalcar que las desventajas que presenta la ruta seleccionada es el hecho que atraviesa mayor área de bosque natural y que se encuentra 220m más cerca de una falla geológica que la otra alternativa.

3 CAPÍTULO III: VALORES DE DISEÑO

3.1 Estudio de Tráfico

Se ha determinado el tráfico promedio diario semanal (TPDS) para el proyecto, por medio de un conteo volumétrico de tráfico semanal de 24 horas realizado desde el sábado 17 de agosto de 2013 hasta el sábado 24 de agosto de 2013 con estación de conteo ubicada en la entrada del “camino vecinal 2” (Ilustración 3-1). Se ha escogido este camino debido a que éste sirve a un mayor número de residencias y mayor movimiento vehicular. Los resultados del conteo se muestran en la Tabla 3-1.

En base a esta información se concluye que el TPDS para el proyecto es de 9 vehículos por día; al ser este valor tan bajo no se requiere un cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA). Con la creación de la ruta para formar un anillo vial se estima que en 20 años, tiempo de servicio de la vía, el tráfico presentará un desarrollo vehicular de no más de **30 vehículos por día**.

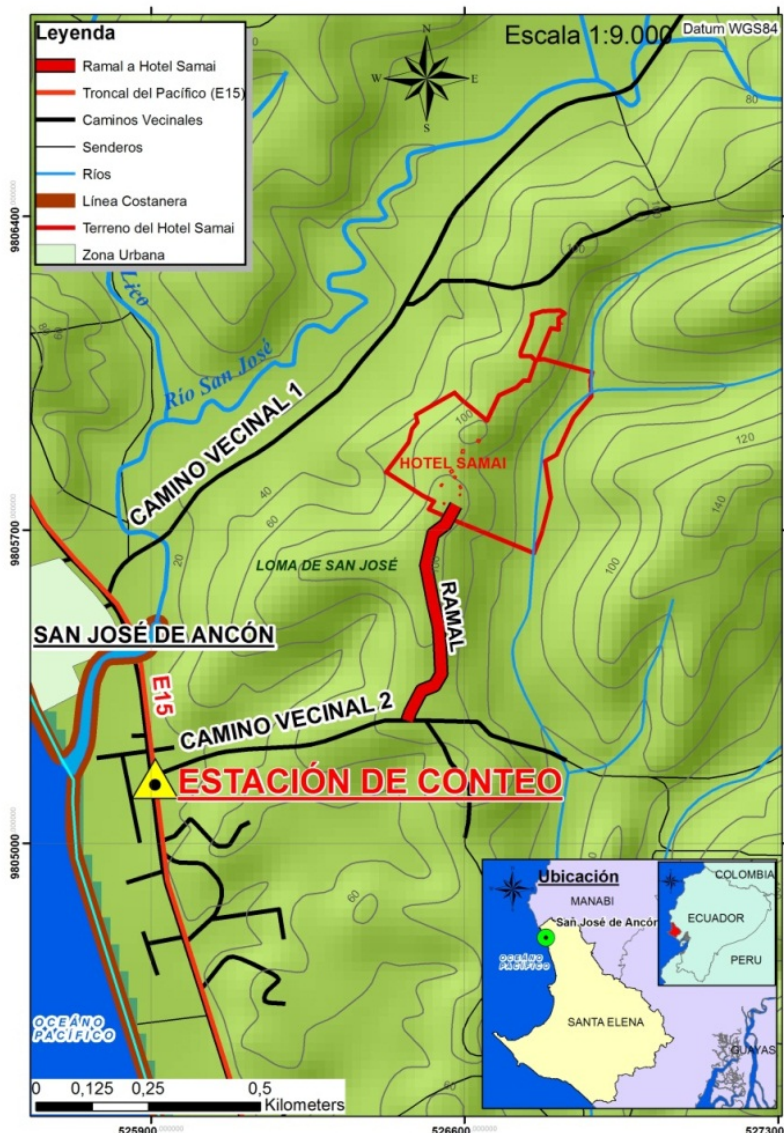


Ilustración 3-1: Ubicación de la estación de conteo de tráfico ⁽¹⁷⁾

Tabla 3-1: Conteo volumétrico en el “camino vecinal 2”

Fecha	Vehículos Livianos	Camiones de 2 ejes (2DB)	Buses	Total
17/08/2013	8	2	0	10
18/08/2013	6	2	0	8
19/08/2013	8	0	0	8
20/08/2013	6	0	0	6
21/08/2013	4	2	0	6
22/08/2013	8	2	0	10
23/08/2013	8	2	0	10
24/08/2013	8	2	0	10
Total	56	12	0	68
Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)				9

3.2 Clasificación de la carretera

En el Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas ha clasificado las carreteras según el volumen de tránsito en corredores arteriales, vías colectoras o caminos vecinales A su vez los caminos vecinales se subclasifican en tipo 4E, 4, 5, 5E, 6 y 7 ⁽²¹⁾. En función de esta información se ha clasificado a la carretera del proyecto como **Tipo V** (Tabla 3-2), y se subclasifica en un **camino vecinal Tipo 4** debido a que tiene un TPDA esperado menor a 100 vehículos por día (Tabla 3-3).

Tabla 3-2: Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado ⁽²¹⁾.

FUNCION	CATEGORIA DE LA VIA	TPDA Esperado (1)
Corredor Arterial	R-I o R-II (2)	>8000
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
Colectora	III	300 - 1000
	IV	100 - 300
Vecinal	V	<100

(1) De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil

(2) Autopistas

Tabla 3-3: Subclasificación de caminos vecinales ⁽¹⁴⁾.

Tipo de carretera	Tipo de camino vecinal	TPDA	Superficie de rodadura	Ancho de calzada
V	Tipo 4E	<100	Empedrado	4m
V	Tipo 4	<100	Capa granular sin revestimiento	4m
IV	Tipo 5	<150	Capa granular sin revestimiento	6m
IV	Tipo 5E	<150	Empedrado	6m
IV	Tipo 6	150-250	Capa granular de rodadura sin revestimiento sobre subbase de material seleccionado	6m
IV	Tipo 7	250-300	Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB), sobre base granular y subbase de material seleccionado	6m

3.3 Vehículo de diseño

El vehículo de diseño es aquel que contiene las características más representativas de todos los demás vehículos ⁽²¹⁾. Para el proyecto se ha tomado al **camión SU (Single Unit Truck)** dimensionado por la AASHTO ⁽¹²⁾ (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Dimensiones del vehículo de diseño ⁽¹²⁾.

Tipo de Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Distancia delantera (m)	Distancia trasera (m)	Distancia entre ejes (m)
Camión "Single Unit"	SU	3,4 – 4,1	2,6	9,1	1,2	1,8	6,1

3.4 Velocidad de diseño y velocidad de circulación

La velocidad de diseño es "la máxima velocidad con la que los vehículos pueden circular con seguridad sobre una vía en las que las condiciones atmosféricas y de tránsito sean favorables" ⁽²¹⁾. En la Tabla 3-5 se resume los valores de las velocidades de diseño recomendadas en el Ecuador, en función del tipo de carretera y del tipo de terreno. Un terreno es de topografía llana cuando en el trazado del camino no gobiernan las pendientes, es de topografía ondulada cuando la pendiente del terreno se identifica sin excederse, y es de topografía montañosa cuando las pendientes del proyecto gobiernan el trazado ⁽²¹⁾. La topografía que prevalece en el proyecto es montañosa.

La velocidad de diseño del proyecto es de **25 km/hora**, para terreno montañoso y carretera tipo V (Tabla 3-5).

Tabla 3-5: Velocidad de diseño según el tipo de carretera ⁽²¹⁾

TIPO DE CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h		
	RELIEVE LLANO	RELIEVE ONDULADO	RELIEVE MONTAÑOSO
R - I o R - II	95	85	80
I	90	80	60
II	85	80	50
III	80	60	40
IV	60	35	25
V	50	35	25

La velocidad de circulación es la velocidad real de un vehículo que circula por una carretera ⁽²¹⁾. La velocidad de circulación del proyecto es de **24 km/h** para una velocidad de diseño de 25 km/hora y un "volumen de tráfico bajo", (Tabla 3-6)

Tabla 3-6: Relación entre Velocidad de diseño y de circulación ⁽²¹⁾

Velocidad de diseño en Km/h	Velocidad de Circulación en Km/h		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48

3.5 Mínima distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad es "la longitud hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas



maniobras" ⁽²¹⁾. Se discute en dos aspectos: la distancia requerida para la parada de un vehículo y la distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo ⁽²¹⁾.

La mínima distancia de visibilidad de parada de un vehículo es igual a la suma de la distancia recorrida por el vehículo en un tiempo de percepción y reacción, más la distancia que le toma al conductor frenar el vehículo ⁽³⁾.

El tiempo total de percepción según la normativa ecuatoriana es de 1.5 segundos y de un 1 segundo para el tiempo de reacción ⁽²¹⁾, dando como resultado una distancia de 16,67m para el proyecto (Ecuación 3-1).

La distancia de frenado es aquella que se mide a partir de la aplicación de los frenos hasta que el vehículo se detiene por completo, en función de un coeficiente de fricción longitudinal y la gradiente. Dentro del proyecto tiene un valor de 6,61m (Ecuación 3-3) para un coeficiente de fricción de 0,44 (Ecuación 3-2) ⁽¹²⁾ y una gradiente del 10%. La distancia de visibilidad de parada total de **23,28m**; sin embargo, se toma un valor de **25m**, recomendado por el MTOP ⁽²¹⁾ (Tabla 3-7).

$$d_1 = \frac{V_c * t}{3,6} = \frac{24 * (1,5 + 1)}{3,6} = 16,67 \text{ m} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Dónde: d_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, m.

V_c : Velocidad de circulación del vehículo, expresada en km/h

t: Tiempo de percepción-reacción en segundos.

$$f = \frac{1,15}{V_c^{0,3}} = \frac{1,15}{24^{0,3}} = 0,44 \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Dónde: V_c = velocidad de circulación, km/h

f= coeficiente de fricción longitudinal

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)} = \frac{24^2}{254(0,44 - 0,1)} = 6,61 \text{ m} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Dónde: d_2 = distancia de frenado, m

V_c = velocidad de circulación, km/h

f= coeficiente de fricción

G= gradiente longitudinal, m/m.

Tabla 3-7: Distancia mínima de visibilidad de parada de un vehículo ⁽²¹⁾

	Velocidad de diseño (km/hora)						
	25	30	40	50	60	75	80
MDVP (m)	25	30	40	55	70	100	110

La mínima distancia de visibilidad de rebasamiento es la distancia necesaria, en un tramo de carretera de dos carriles y de circulación en dos sentidos, para que un vehículo pueda rebasar a otro en su mismo carril de circulación a menor velocidad, sin peligro de choque con un tercero que pueda venir en dirección contraria ⁽¹⁵⁾. En la vía del proyecto al no ser de dos carriles no se emplea esta distancia sino tramos en los cuales la vía se ensancha para facilitare rebasamiento y entrecruzamiento vehicular.

3.6 Estudio de la Subrasante

3.6.1 Calicatas

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se ha llevado a cabo investigaciones mediante la ejecución de 3 calicatas de 1,5 m de profundidad, cuya ubicación y fotos se lo muestra en la Ilustración 3-2 y su datos en la Tabla 3-8. Se concluye que la litología es similar en las tres calicatas ya que éstas presentan limo de color amarillo debajo del suelo orgánico.

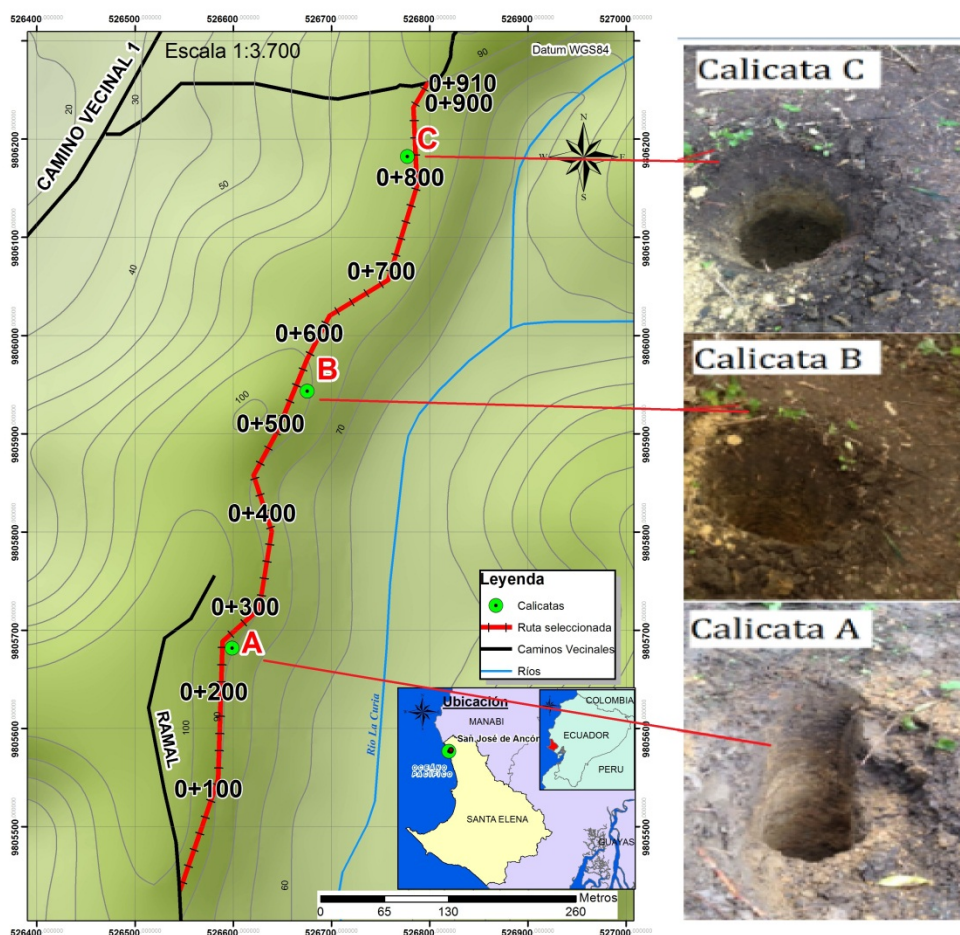


Ilustración 3-2: Ubicación y fotos de las calicatas en la ruta seleccionada ⁽¹⁷⁾

Tabla 3-8: Calicatas realizadas en la ruta seleccionada

Calicata	X	Y	Abscisa	Nivel Freático	Horizonte	Potencia	Suelo
A	526633	9805786	0+240	> 2m	a	15 cm	Suelo orgánico
					b		Limo amarillo
B	526675	9805944	0+540	> 2m	a	12 cm	Suelo orgánico
					b		Limo amarillo
C	526765	9806106	0+820	> 2m	a	20 cm	Suelo orgánico
					b		Limo amarillo

3.6.2 Ensayos de laboratorio

- **Análisis Granulométrico:** Debido a la similitud de las características de suelo fino de las 3 muestras, la granulometría se ha realizado únicamente con la muestra de suelo de la calicata C. Los resultados se describen en el Anexo C.
- **Límites de Atterberg:** En el Anexo D y en el Anexo E, se muestran los resultados de los límites de Atterberg de las muestras A y C respectivamente. Se han realizado estas dos muestras debido a que son las más alejadas y presentan características similares, además en el reconocimiento terrestre se ha visualizado que el suelo es similar en toda la ruta seleccionada. Un resumen de los resultados se muestra en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9: Límites de Atterberg para el suelo del proyecto.

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
A	50,67	42,74	7,93
C	52,3	43,25	9,05

- **Humedad Natural:** Como resultado del ensayo se ha obtenido una humedad natural del 14,2% en la calicata A y del 15,5% en la calicata C (Anexo F).
- **Proctor modificado:** El ensayo Proctor modificado sigue la normativa ASTM D1557-02. Se ha realizado este ensayo solamente de las calicatas A y C, por lo que son las más distantes y de suelo semejante. Sus resultados se muestran en el Anexo G y Anexo H.
- **California Bearing Ratio (CBR):** Para este ensayo se ha procedido con la norma ASTM D1833-99. Cuando existan menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo, se toma el valor promedio y si los valores no son parecidos o no son similares, se toma el valor más bajo ⁽²²⁾. Los resultados de los ensayos se muestra en el Anexo I para la muestra A y en el Anexo J para la muestra C; dando como resultado 4,85% y 4,2% respectivamente. Al tener resultados aproximados para obtener el CBR de diseño se realiza el promedio de éstos obteniendo así un CBR del proyecto de **4,53%**.

3.6.3 Clasificación del suelo de la subrasante

Con los ensayos de laboratorio realizados, el suelo de la subrasante para el proyecto se ha clasificado como **A-5** según la AASHTO (Anexo K) y como “**Limo de Alta Compresibilidad (MH)**” según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Anexo L).

4 CAPÍTULO IV: ALINEAMIENTO HORIZONTAL

4.1 Topografía

Una vez seleccionada la ruta, se ha procedido a realizar a lo largo de ésta un levantamiento topográfico de una franja de terreno de 60m de ancho, 30m a cada lado de la ruta seleccionada. Para su realización se ha recorrido y verificado los puntos de partida y llegada del proyecto. Con una visión clara de la zona del estudio se han posicionado dos puntos GPS de partida, uno en la abscisa 0+000 de la poligonal principal y otro para ubicar el Azimuth. Se ha trazado la línea de banderas, en donde serán los posibles puntos de intersección de las rectas y se ha ubicado la línea de gradiente por medio del clinómetro, abscisándola cada 20m por medio de una cinta métrica.

Por medio de una estación topográfica TOPCOM GTS 100 doble pantalla (Ilustración 4-1) se ha levantado una poligonal abierta de 12 puntos de Intersección, utilizando la metodología de doble lectura, hasta la abscisa 0+914 que fue el punto de intersección 12 con una vía existente, la cual cierra un circuito vial en la zona de estudio (Tabla 4-1). Con el mismo instrumento se han tomado los datos de cotas de la poligonal cada 20m y cada 10m de los perfiles transversales a la poligonal. Para mantener la estructura del levantamiento se ha estacionado el aparato en la abscisa común y se ha encorado con el punto de intersección más próximo. En total se ha levantado 330 puntos en 46 perfiles; en el sistema de coordenadas WGS84, proyección UTM, zona 17S (Ilustración 4-2).



Ilustración 4-1: Estación total empleada en el proyecto

Tabla 4-1: Puntos de intersección de la poligonal del proyecto

PI	Abscisa	Cota	Este*	Norte*
PI-1	0+000	108,00	526545,008	9805442,98
PI-2	0+048	106,060	526571,546	9805483,19
PI-3	0+115	96,569	526592,731	9805546,88
PI-4	0+262	105,012	526578,885	9805693,34
PI-5	0+323	110,786	526625,5	9805731,81
PI-6	0+397	103,659	526637,823	9805805,4
PI-7	0+461	99,665	526617,08	9805865,43
PI-8	0+624	102,971	526692,657	9806009,77
PI-9	0+703	103,985	526756,301	9806057,51
PI-10	0+810	100,506	526789,186	9806158,37
PI-11	0+883	96,174	526783,031	9806231,39
PI-12	0+914	94,943	526787,402	9806237,41

*Datum WGS84-17S

Una vez levantada la información con la estación total, se la ha descargado en formato texto y se la ha transformado a formato Excel; además se ha depurado incoherencias por el método de comparación simple con la coordenada y cota media del levantamiento, y se han corregido las cotas de los perfiles uno a uno enlazando cada archivo al punto común de la abscisa correspondiente al perfil principal. Una vez corregidos los datos se los ha concatenado para poder transportar al software Autocad Civil 3D donde se han realizado las curvas de nivel a escala 1:1000 con diferencia de cota de un metro por medio del método de interpolación de triangulación (Anexo S).

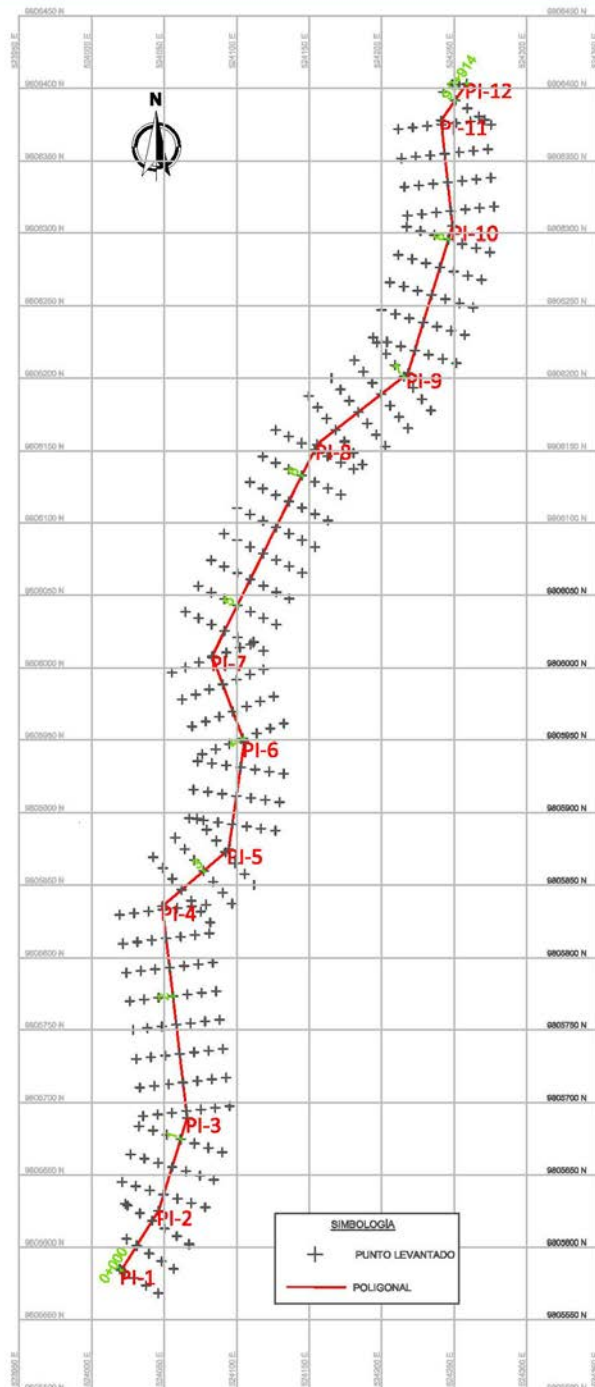


Ilustración 4-2: Polígono y secciones transversales del levantamiento topográfico

4.2 Sección transversal de diseño

La sección transversal de una carretera está compuesta por el derecho de vía, ancho de explanación, ancho de plataforma, corona, calzada, carriles, espaldones, cunetas y otros elementos complementarios⁽³⁾.

El camino vecinal del proyecto consiste en una capa granular de rodadura sin revestimiento. El camino tendrá un ancho de **4m** y una pendiente transversal del camino es de **4%** en todas sus capas. El derecho de vía será de **15m** a cada lado. En este tipo de vía no se requiere espaldón, pero de acuerdo a la topografía del proyecto es necesario efectuar un ensanchamiento para rebasamiento cada 250 metros aproximadamente (Ilustración 4-3)⁽¹⁴⁾. Se empleará una inclinación de **1,5:1** (H:V) para talud de relleno y al ser el material del terreno limo, para taludes de corte se adopta la inclinación crítica de **0,5:1** (Tabla 4-2). Los espesores de las capas del pavimento se muestran en el Capítulo 7, mientras que las dimensiones de la cuneta se muestran en el Capítulo 8.

Las secciones transversales del proyecto pueden estar en relleno, en corte o pueden ser mixtas (Ilustración 4-4). Como ancho básico de la vía se ha tomado el valor de la sección mixta de 6,23m; puesto a que es un valor medio entre las secciones de corte y relleno. Por seguridad se asume un ancho de **6,50m**.

Tabla 4-2: Talud de corte con respecto al tipo de material ⁽¹⁴⁾

Tipo de Material	Talud de corte recomendable (H:V)	
	Hasta 8m	De 8m a 16m
Arenisca débilmente cementada	0,5:1	0,75:1
Conglomerado brechoide bien cementado con matriz cálcica	0,125:1	0,125:1
Conglomerado cementado con matriz cálcica	0,25:1	0,25:1
Conglomerado pobremente cementado o con matriz arcillosa	0,5:1	0,75:1
Arenas limosas	0,75:1	1:1
Limos arenosos	0,25:1	0,5:1
Arcillas poco arenosas	0,5:1	0,5:1
Arcillas muy suaves expansivas	1:1	1,5:1

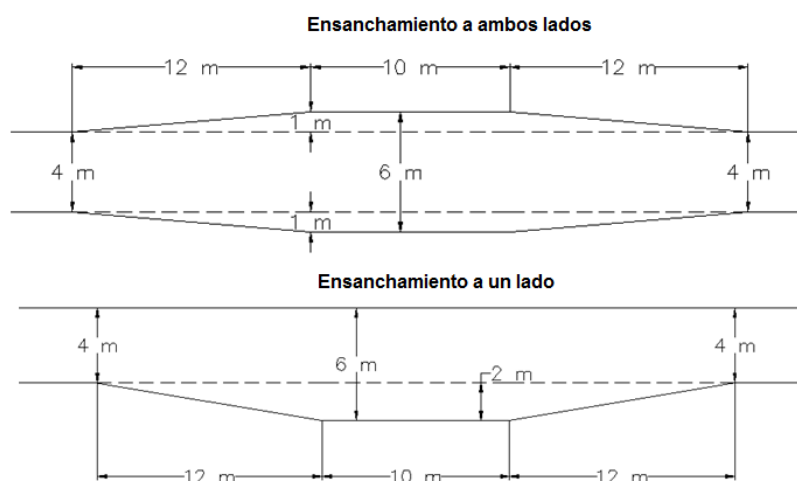
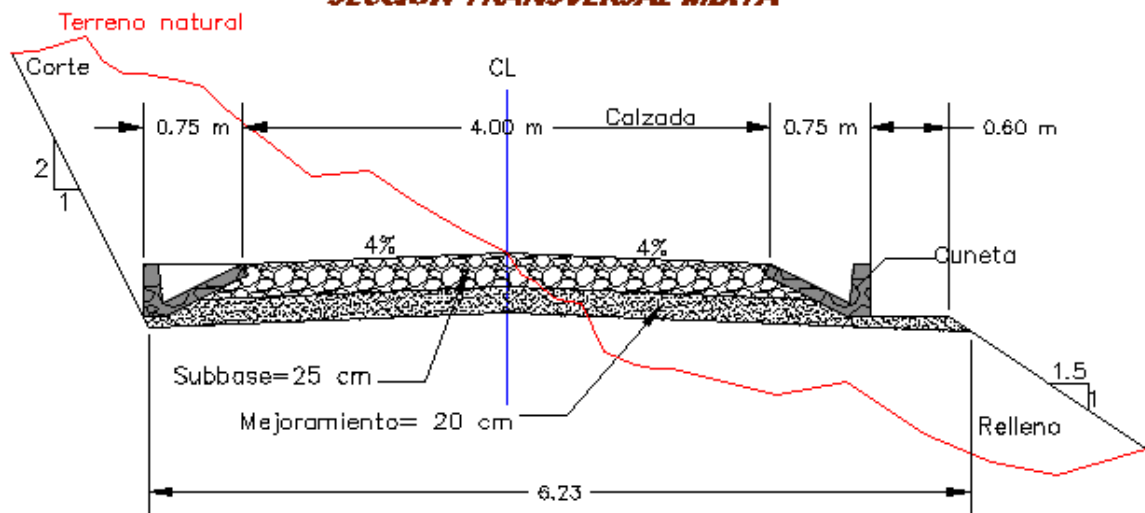
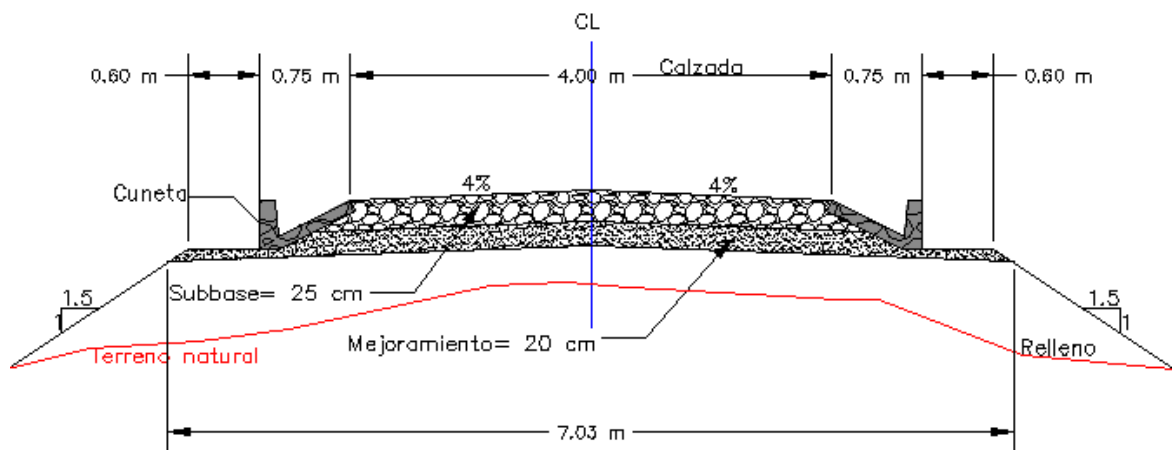


Ilustración 4-3: Ensanchamiento de caminos vecinales tipo 4 y 4E ⁽¹⁴⁾

SECCIÓN TRANSVERSAL MIXTA



SECCIÓN TRANSVERSAL DE RELLENO



SECCIÓN TRANSVERSAL DE CORTE

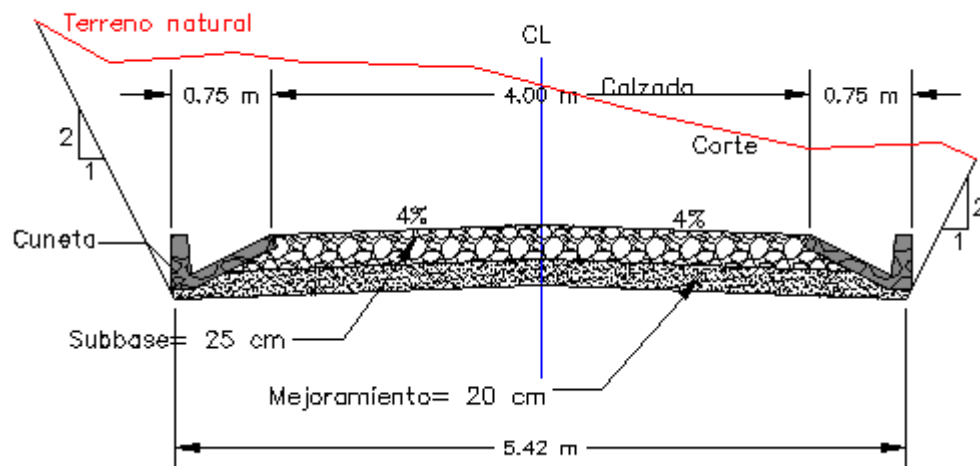
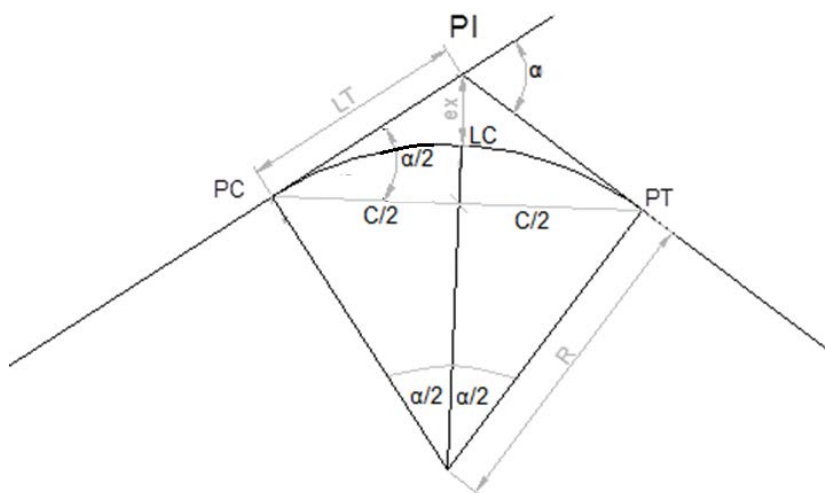


Ilustración 4-4: Secciones transversales básicas del proyecto

4.3 Generalidades del alineamiento horizontal

Se ha trazado la línea de ceros con pendientes no mayores al 10% sobre la franja topográfica. El eje del proyecto se lo ha graficado siguiendo la alineación de dicha línea a una distancia que corresponde a la mitad del ancho básico de la vía de 3,25m (Ilustración 4-6).

El eje está constituido por partes rectas llamadas tangentes y enlazadas entre sí por medio de curvas circulares ⁽²¹⁾. El punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llama PI y el ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “ α ” (alfa) ⁽²¹⁾. Los elementos de las curvas horizontales se encuentran en la Ilustración 4-5 ⁽³⁾.



Dónde:

- LT: Longitud de la tangente (Ecuación 4-1)
- LC: Longitud de la curva circular. (Ecuación 4-2)
- α : Ángulo de deflexión de las tangentes.
- e_x : External: Distancia desde el PI hasta el punto medio de la curva. (Ecuación 4-3)
- R: Radio de la curva circular simple.
- C: Cuerda: distancia en línea recta de PC a PT (Ecuación 4-4).
- PI: Punto de intersección de dos tangentes consecutivas.
- PC: Punto de inicio de la curva y termina la tangente de entrada (Ecuación 4-5)
- PT: Punto de terminación de la curva y empieza de la tangente de salida. (Ecuación 4-6)

Ilustración 4-5: Elementos de una curva simple horizontal ⁽³⁾

$$LT = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{Ecuación 4-1}$$

$$LC = \pi * R * \frac{\alpha}{180} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

$$e_x = R * \left(\sec\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1\right) \quad \text{Ecuación 4-3}$$

$$C = 2 * R * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{Ecuación 4-4}$$

$$PC = PI - LT \quad \text{Ecuación 4-5}$$

$$PT = PC + LC \quad \text{Ecuación 4-6}$$

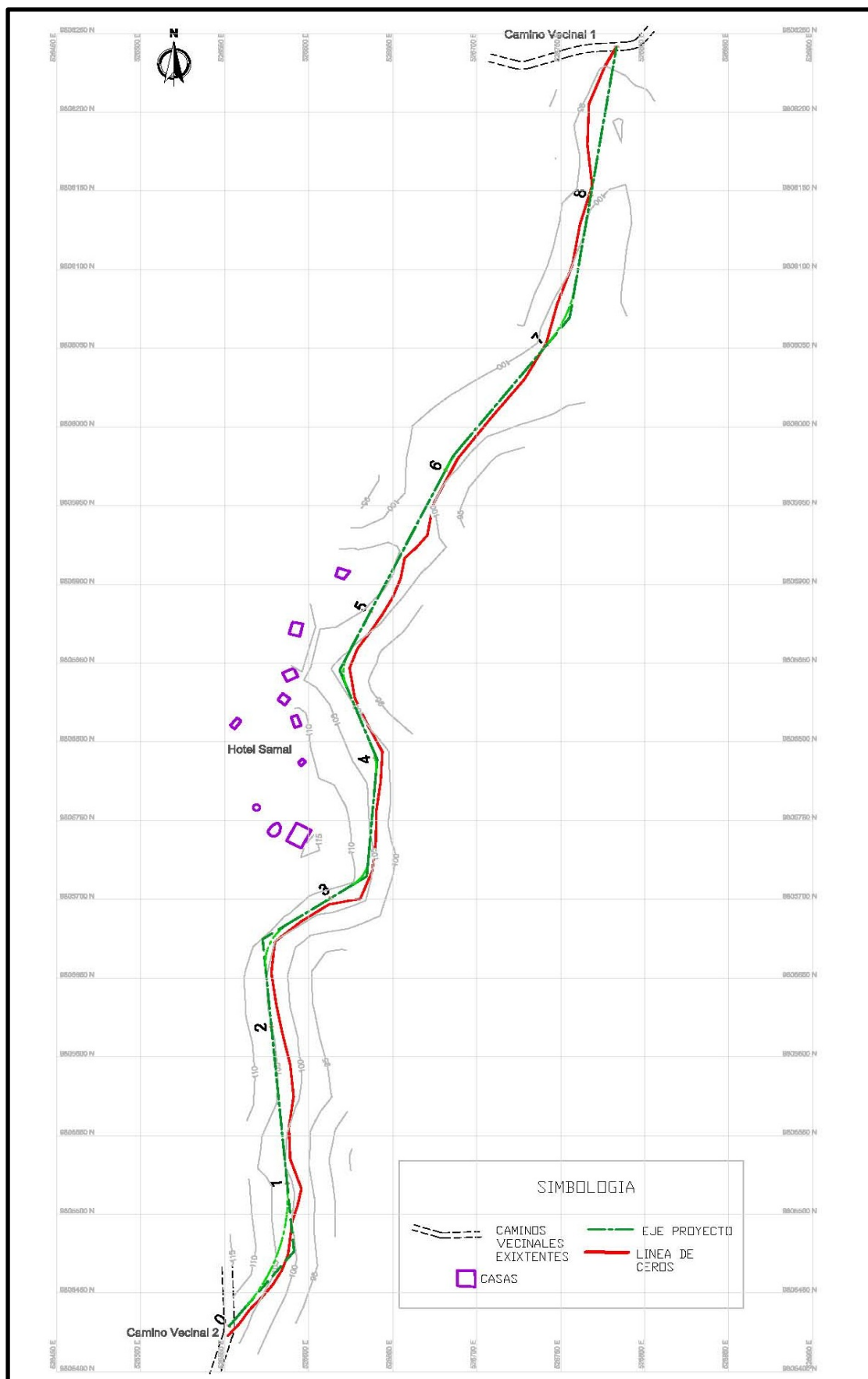


Ilustración 4-6: Línea de ceros y eje del proyecto

4.4 Peralte y radios de curvatura

El peralte (e) es una inclinación transversal de la calzada que absorba parte del valor de la fuerza centrífuga del vehículo al girar ⁽³⁾. El peralte máximo para el camino tipo 4 del proyecto es de **8%** ⁽¹⁴⁾.

El radio mínimo de la curva horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a la velocidad de diseño de 25 km/h en función del máximo peralte y el coeficiente de fricción lateral. Su fórmula de deriva de la sumatoria de las fuerzas que actúan en el vehículo el momento de girar en una curva peraltada (Ecuación 4-7) ⁽²¹⁾. El coeficiente de fricción asumido para el proyecto es de 0,315 (Ilustración 4-7). El radio mínimo calculado es de 12,6m; sin embargo se ha asumido un valor de **20m** ⁽²¹⁾.

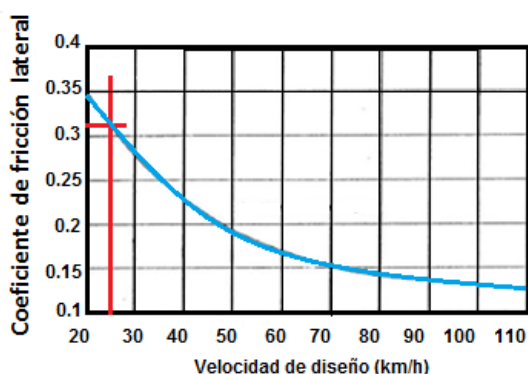


Ilustración 4-7: Coeficiente de fricción lateral máximo ⁽²¹⁾

$$R_{min} = \frac{vd^2}{127.14 * (f_{max} + e_{max})} = \frac{25^2}{127.14 * (0.315 + 0.08)} = 12.6m \quad \text{Ecuación 4-7}$$

Dónde: Rmin= Radio mínimo para curvas horizontales, m

emax= peralte máximo, m/m.

Vd= Velocidad de diseño, km/h

fmax= coeficiente de fricción lateral seguro (Ilustración 4-7)

Para la estimación de los peraltes para los distintos radios de las curvas horizontales se ha elaborado la Tabla 4-3, a partir de la Ilustración 4-8.

Tabla 4-3: Peraltes para distintos radios ⁽¹⁴⁾

Radio (m)	Peralte (%)	Radio (m)	Peralte (%)
20-31	8,0	38-41	5,5
31-32	7,5	41-45	5,0
32-34	7,0	45-50	4,5
34-36	6,5	> 50	4,0
36-38	6,0		

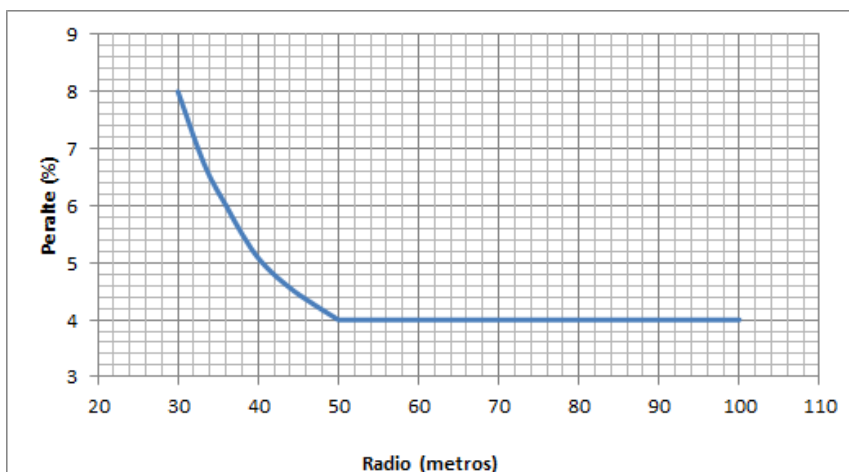


Ilustración 4-8: Diagrama del peralte en curvas horizontales para $V_d=25\text{km/h}$ y $e_{\text{max}}= 8\%$ ⁽¹⁴⁾

4.5 Transición del peralte

Es necesario realizar un cambio gradual o transición de la inclinación de la calzada para pasar su sección transversal con bombeo natural a otra con peralte. Para esto se puede utilizar tres procedimientos: rotando la calzada alrededor de su eje central, alrededor de su borde interior o alrededor de su borde exterior ⁽²¹⁾. Para el proyecto se empleará el primer proceso, el cual presenta las siguientes cuatro fases:

- **Fase I0:** el borde interno y el borde externo se encuentran al mismo nivel y por debajo del nivel del eje, con un bombeo de 4%.
- **Fase I1:** el borde exterior se encuentra a nivel del eje, y el borde interior conserva su nivel inicial.
- **Fase I2:** el borde exterior se eleva de manera que toda la sección transversal la pendiente del bombeo 4%.
- **Fase I3:** Se eleva el borde exterior y descende el interior de forma que toda la sección transversal tenga una pendiente igual al peralte.

(Ilustración 4-9)

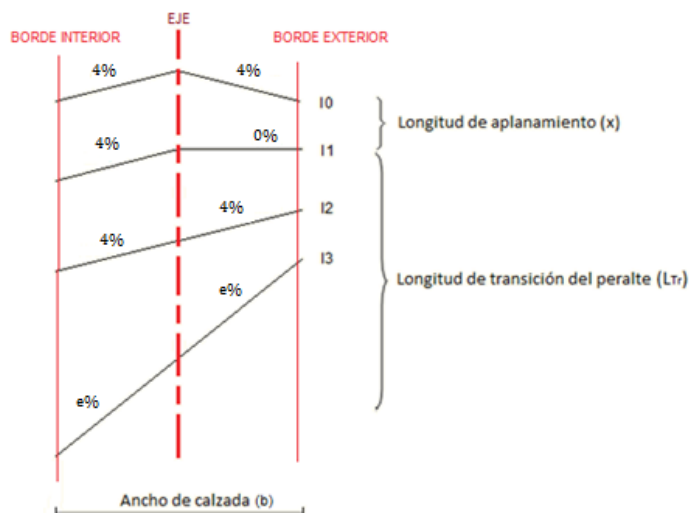


Ilustración 4-9: Fases de transición parcial del peralte: vista transversal ⁽¹⁵⁾



Dentro de la transición del peralte intervienen los parámetros de gradiente borde, longitud de aplanamiento y de transición y la tangente intermedia.

La gradiente de borde es la tangente del ángulo que forma la recta entre el nivel del borde de la vía al iniciar la transición, y el nivel de borde en la “fase I3”. Para el proyecto se empleará una gradiente de 0,775% (Tabla 4-4).

Tabla 4-4: Valores de la gradiente relativa “i” ⁽²¹⁾

Velocidad de diseño	Gradiente de borde
km/h	%
20	0,800
25	0,775
30	0,750
35	0,725
40	0,700
50	0,650
60	0,600
70	0,550
80	0,500

Para el proceso de transición intervienen 2 longitudes, la longitud de aplanamiento (X) y la longitud de transición del peralte (LTR). La longitud de aplanamiento es la necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane con respecto al eje de rotación ⁽¹⁵⁾, es decir que la cota del borde exterior se eleve 0,08m con la gradiente de borde de 0,775% (Ilustración 4-10-A); dando como resultado un valor de **10,32m** (Ecuación 4-8).

La longitud de transición se considera desde donde la sección transversal se encuentra a nivel o con inclinación del bombeo de 4%, hasta donde la calzada tiene todo el peralte “e” completo. Se distribuye 1/3 de la longitud de la curva y 2/3 de la longitud de la tangente. Para casos extremos el peralte se desarrolla en una distancia equivalente a 1/2 de LTR dentro de la tangente y 1/2 de LTR dentro de la curva circular ⁽²¹⁾. La longitud de transición para el proyecto es de **20,65m**; calculada para peralte máximo de 8% donde el borde exterior debe elevarse una cota de 0,16m en una gradiente de 0,775% (Ecuación 4-9).

En la Ilustración 4-10-C se resume las dimensiones de la transición del peralte en vista lateral.

$$X = \frac{0,08}{i} = \frac{0,08}{0,00775} = 10,35 \text{ m} \quad \text{Ecuación 4-8}$$

$$LTR = \frac{0,16}{i} = \frac{0,16}{0,00775} = 20,65 \text{ m} \quad \text{Ecuación 4-9}$$

X= Longitud de aplanamiento

Dónde:

LTR= Longitud de transición, m.

i= Gradiente de borde, %.

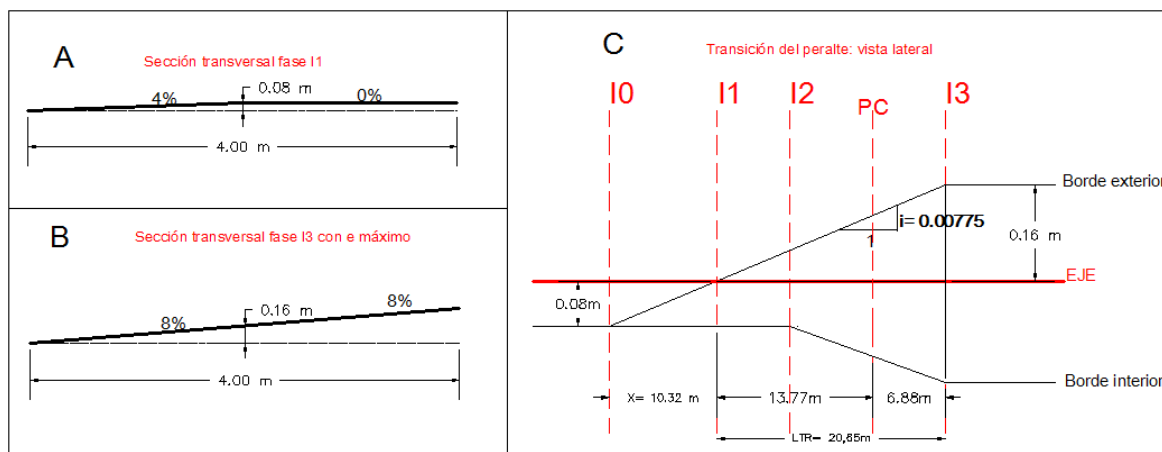


Ilustración 4-10: Transición del peralte ⁽¹⁵⁾

La tangente intermedia mínima es la distancia entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente; para su cálculo se suman las longitudes de aplanamiento más los 2/3 de la longitud de transición LTR de las curvas inicial y final ⁽²¹⁾. Para el proyecto la tangente intermedia mínima es de **48,17 m** (Ecuación 4-10). Cuando existen condiciones críticas se puede distribuir la longitud de transición, 50 % en tangente y 50 % en la curva circular ⁽²¹⁾, obteniéndose así una longitud de **41,28m** (Ecuación 4-11).

$$T_i = \frac{2}{3} * L_{Tr1} + \frac{2}{3} * L_{Tr2} + x_1 + x_2 = \frac{2}{3} * 20,65 + \frac{2}{3} * 20,65 + 10,32 + 10,32 = \mathbf{48,17m} \quad \text{Ecuación 4-10}$$

$$T_{ic} = \frac{1}{2} * L_{Tr1} + \frac{1}{2} * L_{Tr2} + x_1 + x_2 = \frac{1}{2} * 20,645 + \frac{1}{2} * 20,645 + 10,32 + 10,32 = \mathbf{41.28m} \quad \text{Ecuación 4-11}$$

Dónde: T_i = Tangente intermedia mínima, m.

T_{ic} = Tangente intermedia crítica, m.

L_{Tr1}, L_{Tr2} = Longitud de transición, m.

x_1, x_2 = Longitud de aplanamiento, m.

La longitud mínima de la curva horizontal es igual los 2/3 de LTR, que equivale a **13,77m** y para condiciones críticas es igual a LTR, es decir 20,65 m ⁽²¹⁾. Por motivos de rigidez y dimensiones de los vehículos, cuando circulan en curvas, tienden a ocupar mayor espacio que en las líneas rectas, este espacio se denomina sobreancho “S” ⁽³⁾.

Considerando la influencia de la velocidad de tránsito se utiliza la Ecuación 4-12 para obtener el valor del sobreancho recomendado por el MTOP. El valor mínimo de diseño del sobreancho es igual a 30cm ⁽²¹⁾. En la Tabla 4-5 se muestra la longitud de sobreancho para los distintos radios.



$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{Vd}{10 * \sqrt{R}} = 1 * \left(R - \sqrt{R^2 - 7,3^2} \right) + \frac{25}{10 * \sqrt{R}}$$

Ecuación 4-12

Dónde: S: Sobreecho (m)
 n: Número de carriles
 R: Radio (m)
 L: Largo del vehículo de diseño entre el frente y el eje posterior (Para el camión SU de diseño la longitud es de 7,3m)
 Vd: Velocidad de diseño (km/h)

Tabla 4-5: Longitud de sobreecho para distintos radios en el proyecto ⁽²¹⁾

Radio(m)	Sobreecho (m)	Radio(m)	Sobreecho (m)
20	1,94	70	0,68
25	1,59	80	0,61
30	1,36	90	0,56
35	1,19	100	0,52
40	1,07	110	0,48
45	0,97	150	0,38
50	0,89	200	0,31
60	0,77	210	0,30

Para concluir el capítulo, en la Tabla 4-6 y en la Tabla 4-7 se presentan los principales componentes del eje del alineamiento horizontal del proyecto; donde se incluye el sentido de las curvas horizontales y sus elementos, los puntos de intersección, peralte y sobreecho. La longitud total del eje del proyecto es de 895,47m. El alineamiento horizontal se grafica en el Anexo S.

Con el trazado del alineamiento horizontal se forma el anillo vial del proyecto (Ilustración 4-11).

Tabla 4-6: Sentido de curvas y Puntos de intersección del proyecto

CURVA		PI			Distancia entre PI's (m)	Deflexión(°)
PI #	SENTIDO	Abcisa (m)	Norte(m) *	Este (m)*		
INICIO		0+000,00	526546,02	9805449,19		
					61,30	
1	Izquierda	0+061,30	526585,74	9805495,88		44,49
					199,10	
2	Derecha	0+255,84	526571,47	9805694,47		62,56
					73,77	
3	Izquierda	0+325,91	526634,34	9805733,07		52,39
					74,27	
4	Izquierda	0+398,78	526642,18	9805806,92		26,24
					61,17	
5	Derecha	0+459,66	526621,07	9805864,33		47,85
					151,52	
6	Derecha	0+609,88	526691,43	9805998,52		11,92
					112,10	
7	Izquierda	0+721,9	526762,87	9806084,91		29,11
					20,77	
FIN		0+895,47	526766,65	9806105,33		

* Datum WGS84-17S



Tabla 4-7: Principales componentes del alineamiento horizontal del proyecto

PI #	Abscisa (m)	Radio (m)	Δ (°)	LT (m)	LC (m)	PC (m)	PT (m)	Peralte (%)	Sobreancho (m)	Norte(m) *	Este (m)*
INICIO	0+000,00									526546,02	9805449,19
1	0+061,30	110	44,49	44,99	85,42	0+016,31	0+101,72	4	0,48	526585,74	9805495,88
2	0+255,84	30	62,56	18,23	32,76	0+237,61	0+270,37	8	1,36	526571,47	9805694,47
3	0+325,91	20	52,39	9,84	18,29	0+316,07	0+334,36	8	1,94	526634,34	9805733,07
4	0+398,78	35	26,24	8,16	16,03	0+390,62	0+406,65	6,5	1,19	526642,18	9805806,92
5	0+459,66	25	47,85	11,09	20,88	0+448,57	0+469,45	8	1,59	526621,07	9805864,33
6	0+609,88	100	11,92	10,44	20,80	0+599,44	0+620,24	4	0,52	526691,43	9805998,52
7	0+721,9	80	29,11	20,77	40,65	0+701,13	0+741,77	4	0,61	526762,87	9806084,91
FIN	0+895,47									526766,65	9806105,33

* Datum WGS84-17S

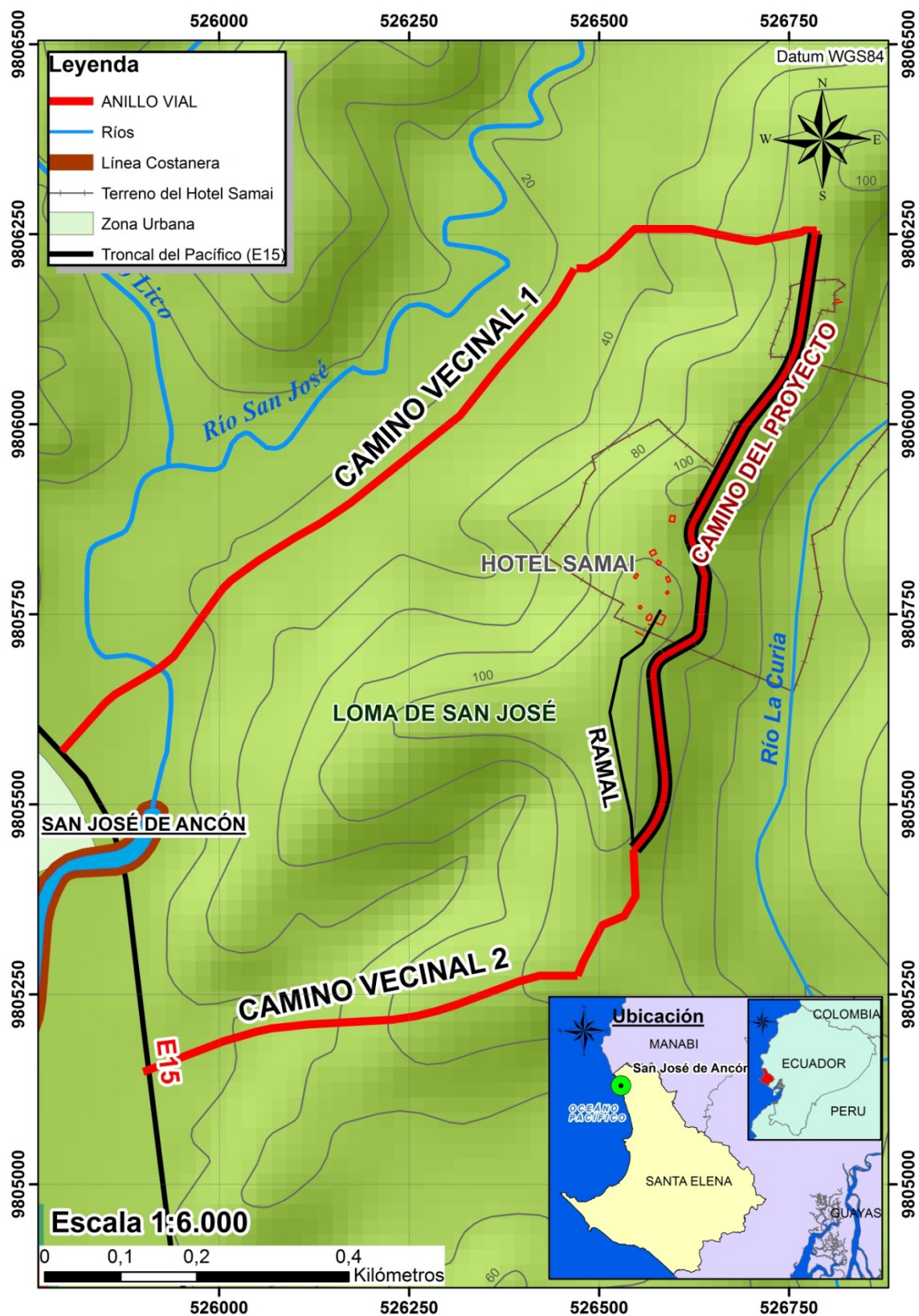


Ilustración 4-11: Anillo vial del proyecto

5 CAPÍTULO V: ALINEAMIENTO VERTICAL

5.1 Generalidades

El alineamiento vertical es la proyección espacial de la vía sobre el perfil del terreno (Ilustración 5-1) ⁽³⁾. El perfil del terreno se lo ha trazado por medio de unir los puntos formados de las abscisas vs cotas del eje de la vía del plano horizontal, para agilizar el proceso se ha empleado el software Autocad Civil 3D. De igual forma se han colocado puntos de control de la línea de ceros abscisas vs cotas El alineamiento vertical pasa lo más cerca posible de dicho puntos (Ilustración 5-1). Las pendientes son similares a las de la línea de ceros. La gradiente máxima del proyecto es de 10% y la mínima es de 3,3%; cumpliendo así la normativa del MTOP de un máximo de 14% (Tabla 5-1) y un mínima de 0,5% por motivos de drenaje ⁽²¹⁾.

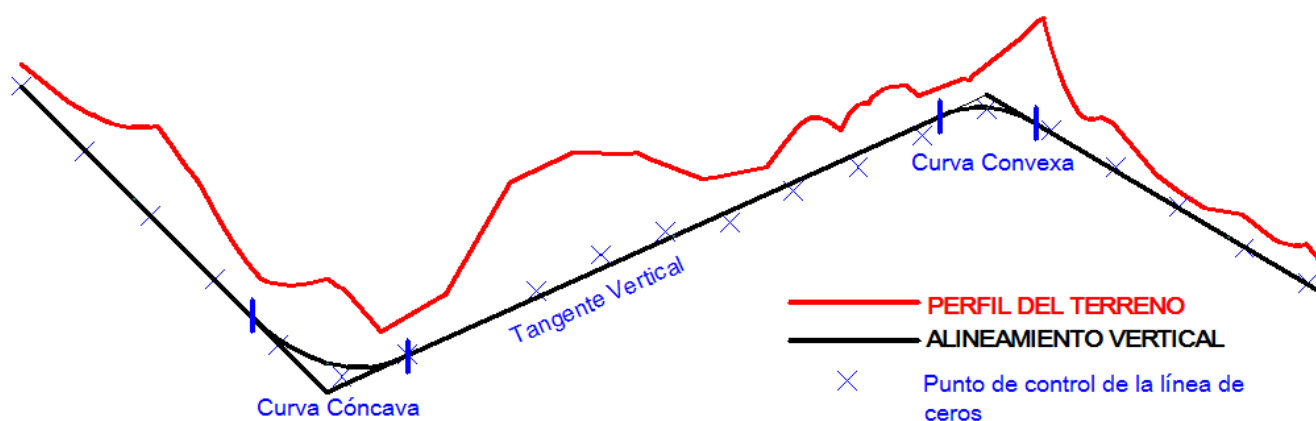


Ilustración 5-1: Método del trazado del alineamiento vertical

Tabla 5-1: Gradientes medias máximas según el tipo de carretera ⁽²¹⁾

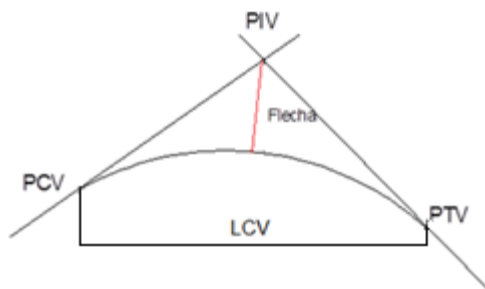
Clase de Carretera	Gradiente recomendable (%)			Gradiente absoluta (%)		
	Relieve Llano	Relieve Ondulado	Relieve Montañoso	Relieve Llano	Relieve Ondulado	Relieve Montañoso
RI-RII	2	3	4	3	4	6
I	3	4	6	3	5	7
II	3	4	7	4	6	8
III	4	6	7	6	7	9
IV	5	6	8	6	8	12
V	5	6	8	6	8	14

5.2 Tangentes y Curvas verticales

Las tangentes verticales son los tramos limitados por curvas sucesivas que no deben ser mayores a la longitud crítica ⁽³⁾; la misma que es la longitud máxima sobre la cual puede operar un camión cargado en subida ⁽²¹⁾. Para la longitud crítica del proyecto es de **90,73m** para la gradiente máxima del 10% (Ecuación 5-1) ⁽²¹⁾.

$$Longitud\ crítica = \sqrt[0,705]{\frac{240}{Gradiente(%)}} = \sqrt[0,705]{\frac{240}{10}} = 90,73m \quad \text{Ecuación 5-1}$$

La curva vertical es el elemento que enlaza dos tangentes verticales consecutivas. La forma que se ajusta a estas condiciones es la parábola simple con su eje vertical centrado en el punto de intersección de las tangente (Ilustración 5-2)⁽³⁾.



Dónde:

PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

LCV: Longitud de la curva vertical

Ilustración 5-2: Partes principales de una curva vertical ⁽¹⁵⁾

La longitud de las curvas convexas (L) del proyecto se ha determinado en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada de un vehículo. En curvas convexas el MTOP ⁽²¹⁾ se considera una altura del ojo del conductor de 1,15 metros (H) y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros (h). Para su cálculo se emplea la Ecuación 5-2 ⁽¹²⁾.

$$L = \frac{A * S^2}{200 * (\sqrt{H} + \sqrt{h})^2} = \frac{A * S^2}{200 * (\sqrt{1,15} + \sqrt{0,15})^2} = \frac{A * S^2}{426} \quad \text{Ecuación 5-2}$$

Dónde: S: Distancia de visibilidad, m.

h: Altura del objeto sobre la superficie de la vía, m

H: Altura del ojo del conductor sobre la superficie de la vía

A: diferencia algebraica de gradiente de entrada y el gradiente de salida, porcentaje.

L: Longitud de la curva vertical convexa, m.

El control de la distancia de visibilidad de parada (S) también se puede calcular mediante un parámetro “K”, el cual es igual a la relación de la longitud (L) y la diferencia de gradientes a la entrada y salida (A) (Ecuación 5-3). El parámetro “K” para las curvas convexas del proyecto tiene un valor de 1,47; sin embargo se asume un valor de 2 ⁽²¹⁾.

$$K = \frac{L}{A} = \frac{S^2}{426} = \frac{25^2}{426} = 1,47 \quad \text{Ecuación 5-3}$$

Dónde: K= parámetro de diseño

L= longitud de la curva, m

A= diferencia algebraica de gradiente de entrada y el gradiente de salida, porcentaje.

La longitud para las curvas verticales cóncavas del proyecto, debe ser lo suficientemente larga, para que la distancia iluminada por los faros de los vehículos sea igual a la distancia de visibilidad de parada. La AASHTO y el MTOP establecen una altura de faros de 0,6m y un ángulo de 1° de divergencia de los rayos de luz. Para el cálculo de su longitud mínima se emplea la Ecuación 5-4. Al igual que el caso anterior se puede emplear el parámetro K, el cual tiene un valor de 3 para el proyecto .

$$L = \frac{A * S^2}{120 + 3.5 * S} \quad \text{Ecuación 5-4}$$

Dónde: S: Distancia de visibilidad de parada, m.

A: diferencia algebraica de gradiente de entrada y el gradiente de salida, porcentaje.

L: Longitud de la curva vertical convexa, m.

$$K = \frac{L}{A} = \frac{S^2}{120 + 3.5 * S} = \frac{25^2}{120 + 3.5 * 25} = 3$$

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales del proyecto es de 15m (Ecuación 5-5) ⁽¹²⁾.

$$L_{min} = 0,6 * Vd = 0,6 * 25 = 15m \quad \text{Ecuación 5-5}$$

Dónde: Vd = Velocidad de diseño, km/h

Para concluir el capítulo, en la Tabla 5-2 se muestra las abscisas de los puntos de intersección, la distancia entre ellos, sus cotas y las gradientes. Las gradientes del proyecto se han corregido para que tenga exactitud de un decimal. Además se encuentran el tipo de curva vertical, el parámetro K y la longitud asumida. En la Tabla 5-3 se encuentra un resumen del diseño vertical del proyecto; mientras que en el Anexo M se encuentra el diseño vertical completo. El alineamiento vertical y el perfil del terreno se grafica en el Anexo S.

Tabla 5-2: Principales componentes de alineamiento vertical del proyecto

PIV	ABSCISA	Distancia	COTA PROYECTO	G%	G% CORREGIDA	COTA PROJ. CORREGIDA	A %	TIPO DE CURVA	K	L	L ASUMIDA
	m	m	m.s.n.m.	%	%	m.s.n.m.	%		m	m	m
Inicio	0+000,00		107,525			107,525					
		95		-10,05	-10,00						
1	0+095,00		97,977			98,025	14,50	Cóncava	3	43,5	50
		205		4,53	4,50						
2	0+300,00		107,270			107,250	10,40	Convexa	2	20,8	30
		160		-5,89	-5,90						
3	0+460,00		97,842			97,810	14,10	Cóncava	3	42,3	50
		75		8,18	8,20						
4	0+535,00		103,977			103,960	17,30	Convexa	2	34,6	50
		45		-9,11	-9,10						
5	0+580,00		99,878			99,865	12,40	Cóncava	3	37,2	40
		95		3,32	3,30						
6	0+675,00		103,031			103,000	7,10	Convexa	2	14,2	20
		220,45		-3,86	-3,80						
7	0+895,45		94,530			94,623					



Tabla 5-3: Resumen del diseño vertical del proyecto

PIV #	ABSCISA	COTAS		G	CV	Corte	Relleno	Observación
		Terreno	Proyecto					
	m	m.s.n.m.	m.s.n.m.	%		m	m	
INICIO	0+000,00	108,201	107,525	-10		0,68	-	
	0+016,31					-	-	PC
	0+070,00	102,181	100,525	-10	PCV	1,66	-	
PVI#1	0+095,00	101,550	98,310			3,24	-	
	0+101,72					-	-	PT
	0+120,00	100,374	99,150	5	PTV	1,22	-	
	0+237,61					-	-	PC
	0+270,37					-	-	PT
	0+285,00	107,467	106,575	5	PCV	0,89	-	
PVI#2	0+300,00	108,212	107,250			0,96	-	
	0+315,00	109,471	106,365	-6	PTV	3,11	-	
	0+316,07					-	-	PC
	0+334,36					-	-	PT
	0+390,62					-	-	PC
	0+406,65					-	-	PT
	0+435,00	100,070	99,285	-6	PCV	0,78	-	
	0+448,57					-	-	PC
PVI#3	0+460,00	98,600	97,810			0,79	-	
	0+469,45					-	-	PT
	0+485,00	101,496	99,860	8	PTV	1,64	-	
	0+510,00	104,670	101,911	8	PCV	2,76	-	
PVI#4	0+535,00	104,875	103,960			0,92	-	
	0+560,00	102,970	101,685	-9	PTV=PCV	1,29	-	
PVI#5	0+580,00	100,522	99,865			0,66	-	
	0+599,44					-	-	PC
	0+600,00	101,154	100,525	3	PTV	0,63	-	
	0+620,24					-	-	PT
	0+665,00	102,571	102,670	3	PCV	-	0,099	
PVI#6	0+675,00	102,645	103,000			-	0,355	
	0+685,00	102,358	102,620	-4	PTV	-	0,262	
	0+701,13					-	-	PC
	0+741,77					-	-	PT
FIN	0+895,47	94,457	94,619	-4		-	0,162	

6 CAPÍTULO VI: MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para el cálculo de volúmenes de tierra a moverse se requiere en primer lugar calcular las áreas de las secciones transversales, las mismas que se encuentran graficadas en el Anexo T. Para sus valores se ha empleado el software Autocad Civil 3D.

Una vez obtenidas las respectivas áreas se ha estimado los volúmenes de relleno y corte por medio del método del prismoide el que supone que entre dos secciones transversales consecutivas existe un “prismoide”, el cual es un sólido geométrico limitado a los extremos por sus caras laterales (Ecuación 6-1). Cuando una de las áreas tiende a cero se llama “piramoide” (Ecuación 6-2). En “secciones mixtas” compuestas por corte y relleno, se presenta con frecuencia lo que se conoce como el “tronco de piramoide” (Ecuación 6-3) ⁽³⁾. Estas secciones se muestran en la Ilustración 6-1.

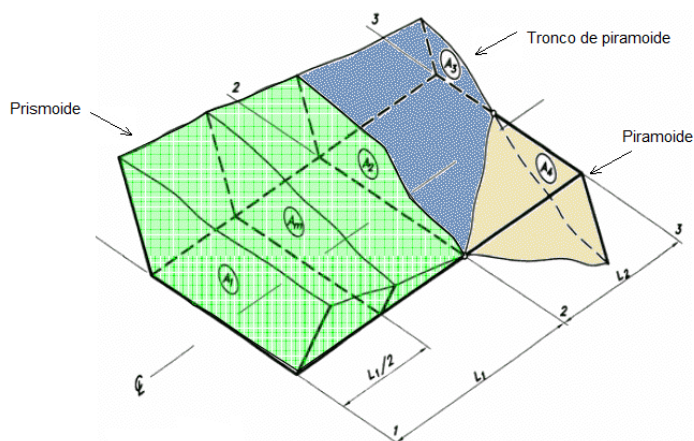


Ilustración 6-1: Prismoide, tronco de piramoide y piramoide ^[2]

$$V = L1 * (A1 + A2)/2$$

Ecuación 6-1

$$V = (A4 * L2)/3$$

Ecuación 6-2

$$V = \frac{L2}{3} (A2 + A3 + \sqrt{A2 * A3})$$

Ecuación 6-3

V= Volumen, m3.

Dónde: A1, A2, A3, A4= Secciones transversales, m2. (Ilustración 6-1)

L1, L2= Longitudes, m. (Ilustración 6-1)

El material de préstamo empleado en la formación de los terraplenes, experimenta un cambio de volumen al pasar de su estado natural a ser transportado o formar parte del relleno, por esta razón el valor del volumen de relleno se divide por el factor volumétrico (Tabla 6-1), el cual se define como la relación que existe entre el peso volumétrico del material en su estado natural, es decir en estado suelto, y el peso volumétrico del material compacto ⁽¹⁾. En este proyecto el suelo de la vía se clasificó como limo, al no constar este material en la Tabla 6-1, se ha definido que el material más acorde a considerar es la arcilla, debido a que el limo está en la categoría de suelos finos, por lo tanto el factor de expansión para el material de préstamo se encuentra entre 0,80 y 0,82, asumiendo

así por seguridad un valor de **0,80** ⁽⁷⁾. Este valor quiere decir que el volumen del material en estado natural equivale al 80% del volumen del material compacto; o es lo mismo decir que se requiere un 25% más de material para relleno debido a que este se compactará.

Tabla 6-1: Tabla de factores volumétricos de distintos materiales ⁽⁷⁾

Material	Factores volumétricos	Material	Factores volumétricos
Yeso :		Basalto	0.67
Fragmentado	0.57	Bauxita	0.75
Triturado	0.57	Caliche	0.55
Hematita, mineral de hierro	0.85	Carotita, mineral de uranio	0.74
Piedra caliza :		Ceniza	0.66
Fragmentada	0.59	Arcilla :	
Triturado		En su lecho natural	0.82
Magnetita, mineral de hierro	0.85	Seca	0.81
Pirita, mineral de hierro	0.85	Mojada	0.80
Arena :		Arcilla y grava :	
Seca y suelta	0.89	Secas	0.85
Húmeda	0.89	Mojadas	0.85
Mojada	0.89	Carbón :	
Arena y arcilla :		Antracita en bruto	0.74
Suelta	0.79	Antracita lavada	0.74
Compactada		Ceniza, carbón bituminoso	0.93
Arena y grava :		Bituminoso en bruto	0.74
Seca	0.89	Bituminoso lavado	0.74
Mojada	0.91	Roca descompuesta :	
Arenisca	0.60	75% roca; 25% tierra	0.70
Esquisto	0.75	50% roca; 50% tierra	0.75
Escorias fragmentadas	0.60	25% roca ;75% tierra	0.80
Nieve :		Tierra :	
Seca		Apisonada y seca	0.80
Mojada		Excavada y mojada	0.79
Piedra triturada	0.60	Marga	0.81
Taconita	0.58	Granito fragmentado	0.61
Tierra vegetal	0.70	Grava :	
Roca trapeana fragmentada	0.67	Como sale de la cantera	0.80
		Seca	0.89
		Seca de 1/4" a 2" (6 a 51 mm)	0.89
		Mojada de 1/4" a 2" (6 a 51 mm)	0.89

En el proyecto se colocará un muro de hormigón ciclópeo de 1,5m de altura desde la abscisa 0+250 hasta la 0+295 para reducir así el volumen de relleno requerido. Las dimensiones del muro se muestran en la Ilustración 6-2, las cuales permiten a éste ser estale al deslizamiento y volcamiento (Anexo M).

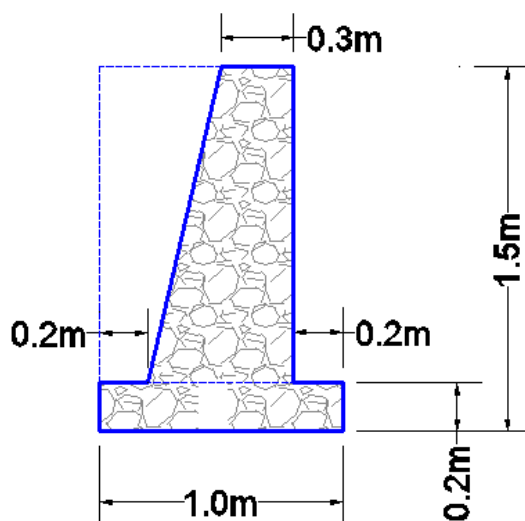


Ilustración 6-2: Dimensiones para el muro del proyecto

El cálculo de los volúmenes del proyecto se lo ha realizado en la Tabla 6-2, dando como resultado un volumen de corte de **15.260,17 m³**, un volumen de relleno de **145,16m³** y un volumen neto de **15.115,01m³**.



Tabla 6-2: Áreas y volúmenes de corte y relleno del proyecto

ABSCISA	AREA		VOLUMEN		FACTOR DE EXPANSIÓN %	RELLENO EXPANDIDO [m3]	VOLUMEN ACUMULADO [m3]
	CORTE [m2]	RELLENO [m2]	CORTE [m3]	RELLENO [m3]			
0+000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,8	0,00	0
0+016,31	12,12	0,00	65,88	0,00	0,8	0,00	65,88
0+020,00	13,35	0,00	46,96	0,00	0,8	0,00	112,84
0+030,00	19,55	0,00	163,51	0,00	0,8	0,00	276,35
0+040,00	29,56	0,00	243,84	0,00	0,8	0,00	520,2
0+050,00	29,34	0,00	294,48	0,00	0,8	0,00	814,68
0+060,00	23,79	0,00	265,18	0,00	0,8	0,00	1079,86
0+070,00	18,62	0,00	211,54	0,00	0,8	0,00	1291,4
0+080,00	19,58	0,00	190,95	0,00	0,8	0,00	1482,35
0+090,00	25,21	0,00	223,35	0,00	0,8	0,00	1705,7
0+100,00	25,41	0,00	253,10	0,00	0,8	0,00	1958,8
101,725	23,85	0,00	42,48	0,00	0,8	0,00	2001,28
0+120,00	14,38	0,00	345,66	0,00	0,8	0,00	2346,94
0+140,00	26,12	0,00	399,21	0,00	0,8	0,00	2746,15
0+160,00	53,40	0,00	779,17	0,00	0,8	0,00	3525,31
0+180,00	45,01	0,00	982,96	0,00	0,8	0,00	4508,27
0+200,00	26,06	0,00	702,21	0,00	0,8	0,00	5210,48
0+220,00	14,28	0,00	397,60	0,00	0,8	0,00	5608,08
237,609	16,54	0,00	271,13	0,00	0,8	0,00	5879,21
0+240,00	18,61	0,00	41,99	0,00	0,8	0,00	5921,2
0+250,00	17,64	0,00	181,24	0,00	0,8	0,00	6102,44
0+260,00	21,68	0,76	196,26	2,53	0,8	3,17	6295,53
0+270,00	19,44	0,29	205,51	5,06	0,8	6,33	6494,71
0+270,37	19,17	0,31	7,06	0,11	0,8	0,14	6501,63
0+280,00	12,42	0,78	151,00	5,08	0,8	6,35	6646,29
0+300,00	17,65	0,00	299,17	5,20	0,8	4,16	6941,3
0+316,07	44,73	0,00	484,55	0,00	0,8	0,00	7425,84
0+320,00	39,37	0,00	165,30	0,00	0,8	0,00	7591,14
0+330,00	25,16	0,52	320,04	1,73	0,8	2,16	7909,02
0+334,35	19,59	0,00	97,19	0,77	0,8	0,96	8005,25
0+340,00	22,54	0,00	118,84	0,00	0,8	0,00	8124,09
0+360,00	10,06	1,70	317,77	11,35	0,8	14,19	8427,67
0+380,00	14,86	0,00	247,64	11,35	0,8	14,19	8661,11
0+390,62	3,94	0,00	93,68	0,00	0,8	0,00	8754,79
0+400,00	17,12	0,00	91,53	0,00	0,8	0,00	8846,32
0+406,66	14,65	0,00	105,60	0,00	0,8	0,00	8951,92
0+420,00	11,53	0,00	174,27	0,00	0,8	0,00	9126,19
0+440,00	9,31	0,89	208,01	5,95	0,8	7,44	9326,76
0+448,57	7,58	0,23	72,25	13,48	0,8	16,84	9382,16
0+450,00	7,18	0,14	10,54	0,79	0,8	0,98	9391,72
0+460,00	2,73	0,55	47,76	3,22	0,8	4,03	9435,44
0+469,45	8,96	0,43	52,40	4,60	0,8	5,75	9482,1
0+480,00	15,76	0,00	128,74	1,51	0,8	1,89	9608,95
0+500,00	27,44	0,00	426,64	0,00	0,8	0,00	10035,59
0+520,00	42,02	0,00	689,43	0,00	0,8	0,00	10725,02
0+540,00	23,67	0,00	648,14	0,00	0,8	0,00	11373,16
0+560,00	14,44	0,00	377,24	0,00	0,8	0,00	11750,41
0+580,00	4,44	0,00	179,26	0,00	0,8	0,00	11929,66
0+599,44	8,80	0,00	126,33	0,00	0,8	0,00	12055,99
0+600,00	8,84	0,00	4,98	0,00	0,8	0,00	12060,97
0+610,00	9,34	0,00	90,86	0,00	0,8	0,00	12151,83
0+620,00	8,14	0,00	87,33	0,00	0,8	0,00	12239,16
0+620,24	8,02	0,00	1,94	0,00	0,8	0,00	12241,11
0+640,00	4,18	0,00	118,47	0,00	0,8	0,00	12359,58
0+660,00	4,61	0,00	87,79	0,00	0,8	0,00	12447,37
0+680,00	1,98	0,91	64,04	6,07	0,8	7,59	12503,82
0+700,00	4,20	2,35	60,42	31,46	0,8	39,32	12524,92
0+701,13	5,17	0,99	5,28	1,82	0,8	2,28	12527,91
0+710,00	13,72	0,00	80,77	2,92	0,8	3,65	12605,03
0+720,00	17,24	0,00	154,47	0,00	0,8	0,00	12759,5
0+730,00	18,68	0,00	179,58	0,00	0,8	0,00	12939,08
0+740,00	15,23	0,00	169,29	0,00	0,8	0,00	13108,37
0+741,78	14,41	0,00	26,30	0,00	0,8	0,00	13134,67
0+760,00	9,47	0,00	216,09	0,00	0,8	0,00	13350,76
0+780,00	10,68	0,00	201,41	0,00	0,8	0,00	13552,18
0+800,00	10,69	0,22	213,72	1,50	0,8	1,87	13764,03
0+820,00	14,96	0,00	255,29	1,50	0,8	1,87	14017,46
0+840,00	25,37	0,00	398,68	0,00	0,8	0,00	14416,14
0+860,00	20,35	0,00	456,20	0,00	0,8	0,00	14872,34
0+880,00	3,39	0,00	213,58	0,00	0,8	0,00	15085,92
0+895,47	0,37	0,00	29,09	0,00	0,8	0,00	15115,01
TOTAL			15260,17			145,16	

La determinación del acarreo de material se lo hace por la curva de masas, que se define como una gráfica que tiene como abscisas el eje del camino y por ordenada la suma algebraica de los volúmenes de los movimientos de tierra; se considera los volúmenes de corte como positivos y los de relleno como negativos; es decir, es ascendente en el corte y descendente en el relleno ⁽¹⁾. Si en la curva de masas se dibuja una línea horizontal de tal forma que se corte en dos puntos consecutivos, llamada compensadora, los volúmenes de corte y relleno en el tramo comprendido serán iguales ⁽²⁶⁾. La curva de masas se ha calculado por medio de la Tabla 6-2, no hay línea compensadora puesto que la curva es ascendente en todo el proyecto (Ilustración 6-3).

El acarreo libre es la distancia máxima a la que puede transportarse el material estando su precio incluido en el de excavación ⁽¹⁾. En el proyecto según la normativa ecuatoriana el acarreo libre de transporte de material de préstamo es de 500 metros ⁽²⁰⁾. Puesto a que el acarreo en su totalidad es mayor a esta distancia; el total del volumen neto de 15.115,01m³ será sobreacarreado una distancia de 17,5 kilómetros desde la mitad del camino vecinal de diseño a la escombrera ubicada en la comuna San Antonio.

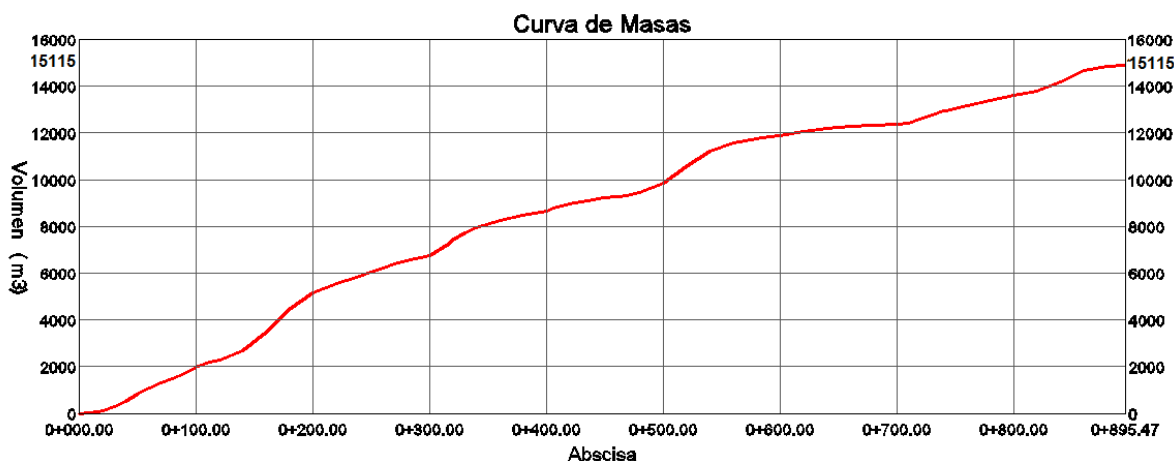


Ilustración 6-3: Curva de masas del proyecto

7 CAPÍTULO VII: DISEÑO DEL PAVIMENTO

7.1 Generalidades

Al tener la vía del proyecto un volumen muy bajo de tránsito, se ha optado por diseñar la estructura del pavimento en base a un método empírico recomendado por el Manual de Caminos Vecinales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador de 1984. Este método recomienda para caminos tipo 4, como el del proyecto; que la capa de rodadura sea una subbase granular sin revestimiento con un espesor en función del CBR de la subrasante y del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 toneladas ⁽¹⁴⁾.

7.2 Diseño de la estructura del pavimento

7.2.1 Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas

El número de ejes equivalentes que transitan por el carril de diseño está en función de los factores de cargas equivalentes de los vehículos pesados que transitan en la vía por dirección, de la tasa de crecimiento de tránsito y del periodo de diseño (Ecuación 7-1) ⁽⁹⁾.

Para el diseño de la estructura del pavimento sólo tiene interés los vehículos pesados (buses y camiones), ya que los otros provocan un efecto mínimo sobre la estructura. Debido a que éstos aplican diferentes cargas sobre el pavimento, se transforma la cantidad de vehículos a ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas mediante factores de equivalencia de carga por eje (FEC) ⁽¹³⁾. Los FEC vienen dados por el tipo de eje (simple, tándem, tridem), índice de servicio (Pt) (con un rango de valores de 1 a 5 donde 1 es intransitable y 5 es excelente) y el número estructural del pavimento (SN) ⁽¹³⁾.

Debido al bajo alcance del proyecto, se ha tomado los valores de índice de servicio y un número estructural de 2, cuyos factores de equivalencia de carga para ejes simples se muestra en la Tabla 7-1. El conteo semanal de 24 horas diarias realizado ha dado un valor de 2 vehículos pesados por día en 2 direcciones, tipo **2DA** (camión de dos ejes medianos) ⁽¹⁹⁾, con cargas de 3 toneladas en el eje delantera y 7 toneladas en el eje posterior. Se ha tomado así valores de FEC de 0,0167 y 0,5073, dando un resultado de factor camión de **0,52**.

Tabla 7-1: FEC para pavimentos flexibles para ejes simples (SN=2, Pt=2) ⁽¹³⁾

Peso (ton)	Factor de equivalencia de carga	Peso (ton)	Factor de equivalencia de carga
1	0,0003	8	0,9060
2	0,0036	9	1,5246
3	0,0167	10	2,4429
4	0,0510	12	5,5830
5	0,1243	14	11,3232
6	0,2636	16	20,9910
7	0,5073	18	36,2860
		20	59,3205

El periodo de análisis estructural será de 20 años con rehabilitaciones a los 7 y 14 años ⁽¹⁴⁾. Al no contar con una tasa de crecimiento del tráfico específica se asumirá una tasa de 5% ⁽¹⁴⁾. En conclusión el número de ejes equivalentes es de 6.432 (Ecuación 7-1); sin embargo por seguridad se toma un valor de **10.000**.

$$N = 365 * TPD * Fd * \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)} * Fc = 365 * 2 * 0,5 * \frac{(1 + 0,05)^{20} - 1}{\ln(1 + 0,05)} * 0,52 = 6432 \text{ ejes}$$

Ecuación 7-1

Dónde:

N= Número de ejes simples de 8,2 Ton

TPD= tráfico promedio diario

n= Años en los que se proyectará el tráfico

Fd= factor de distribución (% de vehículos por dirección)

R=tasa de crecimiento vehicular

7.2.2 Dimensionamiento de la capa de rodadura

La capa de rodadura será una subbase granular con **25 cm** de espesor, para un número de 10.000 repeticiones y un CBR de 4,53% (Ilustración 7-1). Para las rehabilitaciones se colocará una capa del material antes mencionada con un espesor de 12,5cm.

Se ha optado por un mejoramiento de la subrasante de **20 cm** con cal para mejorar su resistencia y evitar el hinchamiento. El mejoramiento se lo hará con el 2% de cal hidratada como porcentaje del peso seco ⁽¹⁴⁾.

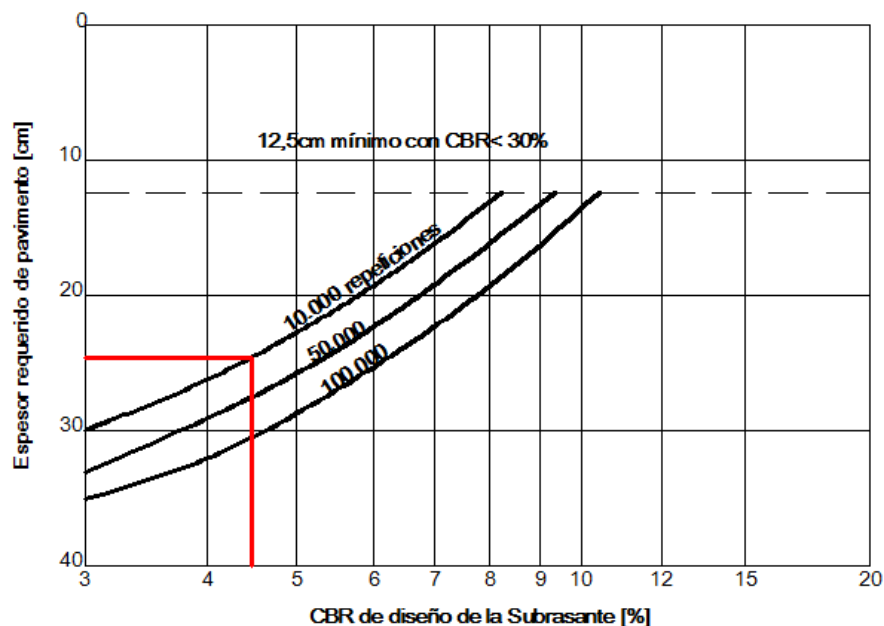


Ilustración 7-1: Espesor requerido del pavimento para caminos tipo 4 ⁽¹⁴⁾

Como conclusión se muestra el dimensionamiento de los espesores de la estructura del pavimento del proyecto en la Ilustración 7-2.

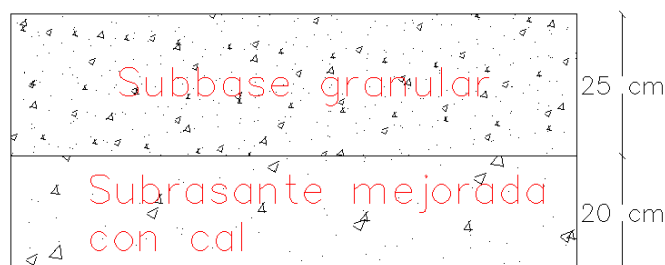


Ilustración 7-2: Dimensiones de espesores del pavimento del proyecto



8 CAPÍTULO VIII: DISEÑO DEL DRENAJE DE OBRAS DE ARTE MENOR

8.1 Generalidades

El objetivo del drenaje es la eliminación del exceso de agua superficial y subsuperficial. Dentro de las obras de drenaje de arte menor hay dos tipos de drenajes: **drenaje longitudinal** como cunetas, cunetas de coronación y subdrenaje, y **drenaje transversal** como las alcantarillas ⁽²³⁾. El capítulo se inicia con un análisis hidrológico ya que éste aporta con la información básica para el diseño del drenaje.

8.2 Análisis Hidrológico

La intensidad de lluvia (i) es la tasa promedio de lluvia en milímetros por hora en una cuenca. Para su cálculo en la zona del proyecto, se ha estimado la precipitación máxima en 24h para distintos tiempos de retorno por medio de la ley de distribución de Gumbel. Como prueba de bondad de ajuste se emplea el test Kolmogorov-Smirnov, el cual mide la desviación de frecuencia observada acumulada con relación a la frecuencia teórica acumulada ⁽¹⁰⁾.

El proyecto se encuentra en la zona de intensidades 8, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); con su estación climatológica ordinaria Julcuy (M-169), ubicada en la coordenadas 01°28'48" S, 80°37'56" W a 263 m.s.n.m. Los registros de precipitación se han obtenido de los anuarios proporcionados por INAMHI. Para calcular la intensidad de lluvia en esta zona se emplea la Ecuación 8-1 y la Ecuación 8-2, que se encuentran en la Tabla 8-1; en donde I_{TR} es la intensidad máxima en 24 horas para distintos tiempos de concentración, Id_{TR} es la intensidad máxima horaria para distintos tiempos de retorno y tc es el tiempo de concentración.

Tabla 8-1: Ecuaciones de intensidad máxima en la Zona 8 ⁽¹⁶⁾

<u>Código</u>	<u>Estación</u>	<u>Tiempo de concentración (tc)</u>	<u>Ecuación</u>	
M-169	Julcuy	5 min < 30 min	$I_{TR} = 80,068 * tc^{-0.3683} * Id_{TR}$	Ecuación 8-1
		30 min < 1440 min	$I_{TR} = 351,73 * tc^{-0.7977} * Id_{TR}$	Ecuación 8-2

El tiempo de concentración (tc) es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más remoto en la cuenca hasta el punto de interés. Existen varias expresiones empíricas para su cálculo, siendo la más utilizada la fórmula de California Culverts Practice (Ecuación 8-3). Se adopta como tiempo de concentración mínimo cinco minutos ⁽¹⁰⁾.

$$tc = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{Ecuación 8-3}$$

Dónde: T_c = El tiempo de concentración, en min.
 L = El longitud del cauce principal, en m.
 H = El desnivel entre la divisoria de agua y el punto de descarga, en m.

Para este proyecto el valor de la Id_{TR} es de **8,08 mm/h** para el diseño de alcantarillas y cunetas en un periodo de retorno de 100 años ⁽²¹⁾, con una

precipitación máxima de 193,96mm en 24 horas. El cálculo de éste resultado se lo presenta a detalle el Anexo O ⁽²¹⁾.

8.3 Drenaje longitudinal

Para el drenaje longitudinal se diseñará exclusivamente las cunetas a lo largo de la vía. No se diseñarán cunetas de coronación debido a que el ramal que conduce al Hotel Samai actúa una en el sitio donde éstas se requieren.

8.3.1 Diseño de Cunetas

Las cunetas son canales ubicados de forma longitudinal a ambos extremos de la calzada, para interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía y conducirla hacia las alcantarillas ⁽²¹⁾. Las cunetas del proyecto tendrán forma triangular, por su facilidad de construcción y mantenimiento. Se empleará una lámina de agua de 30cm de alto y una pendiente 2:1 (H : V) ⁽²¹⁾. Las dimensiones de la cuneta se muestran en la Ilustración 8-1; su área mojada es de 0,095m² y su perímetro mojado es de 1m.

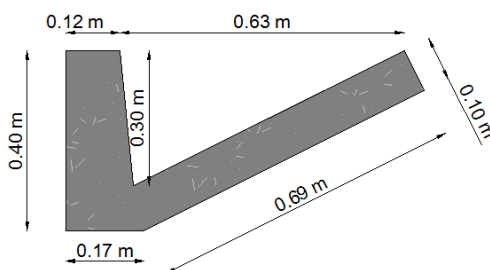


Ilustración 8-1: Dimensionamiento de las cunetas.

Para que el dimensionamiento sea validado el caudal de aporte a las cunetas (Qc) deberá ser menor que el caudal que puede fluir a través de éstas (Q) y además, las pendientes de las cunetas del proyecto deben ser similares a las del perfil longitudinal de la vía, con un mínimo de 0,5% y un máximo que depende de la velocidad del agua según el material de revestimiento. Para las cunetas del proyecto se empleará hormigón simple, donde la velocidad máxima del agua es de 5 m/s para evitar su erosión ⁽²¹⁾.

El caudal de aporte se ha estimado por el método de Henderson, basado en el cálculo del caudal por unidad de ancho en un tiempo de equilibrio (te). Dicho tiempo es el requerido por una onda infinitesimal para trasladarse desde la cabecera de la cuneta hasta la salida (Ecuación 8-4). El caudal total (Qc) considera toda la longitud de la cuneta (Ecuación 8-5) ⁽²¹⁾. La intensidad para el diseño es de 357,66 mm/h (0,0001m/s) en un tiempo de concentración de 5 minutos (Ecuación 8-1). El ancho de la semibanca (L) es 2m, la pendiente crítica es la mínima del proyecto de 3,3% y el coeficiente de Manning es 0,02 (Tabla 8-2). En regiones lluviosas como la del proyecto, se requiere al menos 4 alcantarillas por kilómetro ⁽²¹⁾, es decir separadas entre sí una distancia promedio de 250 m; sin embargo se ha tomado como longitud máxima del cauce un valor de 500m por seguridad. Para estos valores se estima un caudal máximo de aporte para el proyecto de **0,1 m³/s**.

Tabla 8-2: Valores de "n" de Manning ⁽⁵⁾

Tipo de superficie	Coeficiente de rugosidad "n"
Acero Corrugado	0,024
Hormigón Simple	0,014
Capa granular compactada	0,020



$$t_e = \left(\frac{n * L}{S^{0,5} * i^{\frac{2}{3}}} \right)^{\frac{3}{5}} = \left(\frac{0,02 * 2}{0,033^{0,5} * 0,0001^{\frac{2}{3}}} \right)^{\frac{3}{5}} = 16,05 \text{ seg}$$

Ecuación 8-4

Dónde:

te= Tiempo de equilibrio, seg.

S = la pendiente más pequeña de la superficie, m/m.

n = el coeficiente de rugosidad "n" de Manning (Tabla 8-2)

L=longitud de la semibanca, m

i=Intensidad de precipitación, m/s.

$$Q_c = L_c * \frac{S^{0,5}}{n} * (i * t_e)^{\frac{5}{3}} = 500 * \frac{0,033^{0,5}}{0,02} * (0,0001 * 16,05)^{\frac{5}{3}} = 0,1 \frac{m^3}{s}$$

Ecuación 8-5

Dónde:

Qc= Caudal desaguado por la cuneta, m³/s

Lc= Longitud máxima del cauce, m.

El caudal máximo que puede circular por la cuneta es de **0,256m³/s**; viene dado por la ecuación de Manning ⁽²¹⁾ (Ecuación 8-6). Para hormigón simple se ha tomado un coeficiente "n" de Manning de 0,014 (Tabla 8-2). Como pendiente (S) se ha utilizado la mínima del proyecto de 3,3%.

Se concluye que el diseño de la cuneta es válido, ya que el caudal de aporte de la cuneta de 0,1m³/s es menor que el caudal que acepta la sección transversal de diseño de 0,256 m³/s. Además se ha comprobado que en la pendiente longitudinal máxima del proyecto de 10% la velocidad del flujo es de 4,63 m/s (Ecuación 8-7), menor que la velocidad permitida de 5 m/s.

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{0,5}}{n}$$

Ecuación 8-6

$$Q = \frac{0,095 * \left(\frac{0,095}{1} \right)^{\frac{2}{3}} * 0,033^{0,5}}{0,014} = 0,256 \frac{m^3}{s}$$

Dónde:

Q= Caudal que admite la sección transversal (m³/s).A= Área de la sección transversal (m²).

R = Radio hidráulico (m). Es la relación entre el área (A) y el perímetro mojado (P).

S = Pendiente longitudinal (m/m).

n = Coeficiente "n" de Manning (Tabla 8-2).

$$V = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 8-7

Dónde:

Q= Caudal que admite la sección transversal (m³/s).A= Área de la sección transversal (m²).

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{0,5}}{n} = \frac{0,095 * \left(\frac{0,095}{1} \right)^{\frac{2}{3}} * 0,10^{0,5}}{0,014} = 0,44 \frac{m^3}{s}; V = \frac{Q}{A} = \frac{0,44}{0,095} = 4,63 \text{ m/s}$$

8.4 Drenaje transversal: Alcantarillas

Las alcantarillas son conductos cerrados para conducir el agua de lluvia hacia cauces naturales. Los elementos de una alcantarilla son el ducto, los cabezales, los muros en la entrada y salida ⁽²¹⁾. En el proyecto se han ubicado 4 alcantarillas circulares de acero corrugado a 0,8m por debajo de la cota de la subrasante. De acuerdo a la topografía sus salidas serán tipo ala y las entradas tipo cajón. Las cuatro alcantarillas tendrán un diámetros de **1,2m** de diámetro; dimensión mínima para mantenimiento y limpieza ⁽²¹⁾. Además, se ha fijado que deben trabajar máximo a un 80% de su capacidad, es decir tendrán un calado máximo de **0,96m**. Para estos valores el área mojada de la alcantarilla de diseño es de 0,97 m² (A), el perímetro mojado de 2,66m (P) y el ancho libre de la lámina de agua es de 0,96 m. Tendrán una pendiente del 2,5%, mayor a la mínima 0,5% para evitar sedimentación ⁽²¹⁾; y un coeficiente “n” de Manning de 0,024 (Tabla 8-2).

Para que el diseño sea validado las alcantarillas deben cumplir las siguientes tres condiciones:

A. El caudal de aporte a las alcantarillas ($Q_{\text{diseño}}$) debe ser menor que el caudal máximo que puede fluir a través de éstas (Q_{max}) ⁽²¹⁾.

Para el cálculo del caudal de aporte se emplea el método racional, desarrollado por “the American Society of Civil Engineers and Water Pollution Control Federation”. Dicho método es funcional para cuencas menores a 1,6 km² como las del proyecto. El caudal está en función de tres variables: de la intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, del área de drenaje y del coeficiente de escorrentía (Ecuación 8-8). ⁽⁵⁾

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

Ecuación 8-8

Dónde:

Q = El caudal máximo probable, en m³/seg.

C = El coeficiente de escorrentía, Tabla 8-3.

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

A = área de drenaje, en há.

El área de drenaje (A) es la superficie en proyección horizontal limitada por el parte-aguas ⁽²¹⁾. Ésta ha sido medida sobre el mapa topográfico del IGM a escala 1:50.000 por medio del software Arcgis 10.1; además de la longitud (L) y desnivel (H) de cada cauce (Ilustración 8-2). Con esta información se ha calculado la pendiente media del cauce y tiempo de concentración (t_c) (Ecuación 8-3). Para las cuatro alcantarillas se ha tomado el tiempo de concentración mínimo de 5 minutos; ya que los valores calculados son menores a este valor (Tabla 8-4); obteniendo así una intensidad de lluvia (i) de **357,66 mm/h**.

El coeficiente de escorrentía (C) es la relación entre la escorrentía superficial y la precipitación caída. Puede tomar valores entre cero y uno; un valor de uno quiere decir que toda la precipitación que cae se escurre, mientras que un valor de cero significa que no escurre el agua caída ⁽²⁾. El coeficiente de escorrentía es función del tipo de suelo, cobertura de suelo y pendiente del terreno (Tabla 8-3). El coeficiente de escorrentía para el proyecto es de **0,52** (Tabla 8-3) para un periodo de retorno de 100 años; ya que el uso del suelo de las áreas de aporte es de



bosque natural y vegetación arbustiva; y el terreno en éstas áreas tiene pendientes mayores al 7%.

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
Zonas urbanas						
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)						
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>						
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>						
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>						
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Zonas rurales						
Campos de cultivo						
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,61
Pastizales, prados, dehesas						
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,60
Bosques, montes arbolados						
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,58

Tabla 8-3: Coeficientes de escorrentía ⁽⁴⁾

Para obtener el caudal de diseño de las alcantarillas del proyecto (Qdiseño) se le ha añadido al caudal calculado por método racional (Qa), el caudal de aporte de las cunetas (Qc); el mismo que está en función de su longitud de aporte a las alcantarillas (Lc). Los cálculos realizados se muestran en la Tabla 8-4, de la cual se ha obteniendo un caudal de diseño máximo de **0,47 m³/seg** en la alcantarilla "A1".

Tabla 8-4: Cálculo del caudal de diseño para las alcantarilla del proyecto

Alcantarilla	Abscisa	L	H	tc calculado	tc asumido	Pendiente del cauce	A	C	i	Qa	Lc	Qc	Qdiseño
		m	m	min	min	%	há		mm/h	m³/seg	m	m³/seg	m³/seg
A1	0+111,5	142	22	1,82	5	15,49	0,78	0,52	357,66	0,40	350,94	0,07	0,47
A2	0+461,9	85	11	1,31	5	12,94	0,39	0,52	357,66	0,20	269,15	0,05	0,26
A3	0+576,5	71	11	1,06	5	15,49	0,09	0,52	357,66	0,05	150,71	0,03	0,08
A4	0+805,4	107	6	2,16	5	5,61	0,08	0,52	357,66	0,04	139,06	0,03	0,07

El caudal máximo para las dimensiones de la alcantarillas es de 3,26 m³/s, calculado por medio de la ecuación de Manning (Ecuación 8-4).

$$Q_{max} = \frac{A * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{0.5}}{n} = \frac{0,97 * \left(\frac{0,97}{2,66}\right)^{\frac{2}{3}} * 0,025^{0.5}}{0,024} = 3,26 \frac{m^3}{seg}$$

El diseño es válido desde el punto de vista de capacidad, puesto a que el caudal de 3,26 m³/s que fluye en la alcantarillas es mayor al caudal de aporte de 0,47m³/seg.

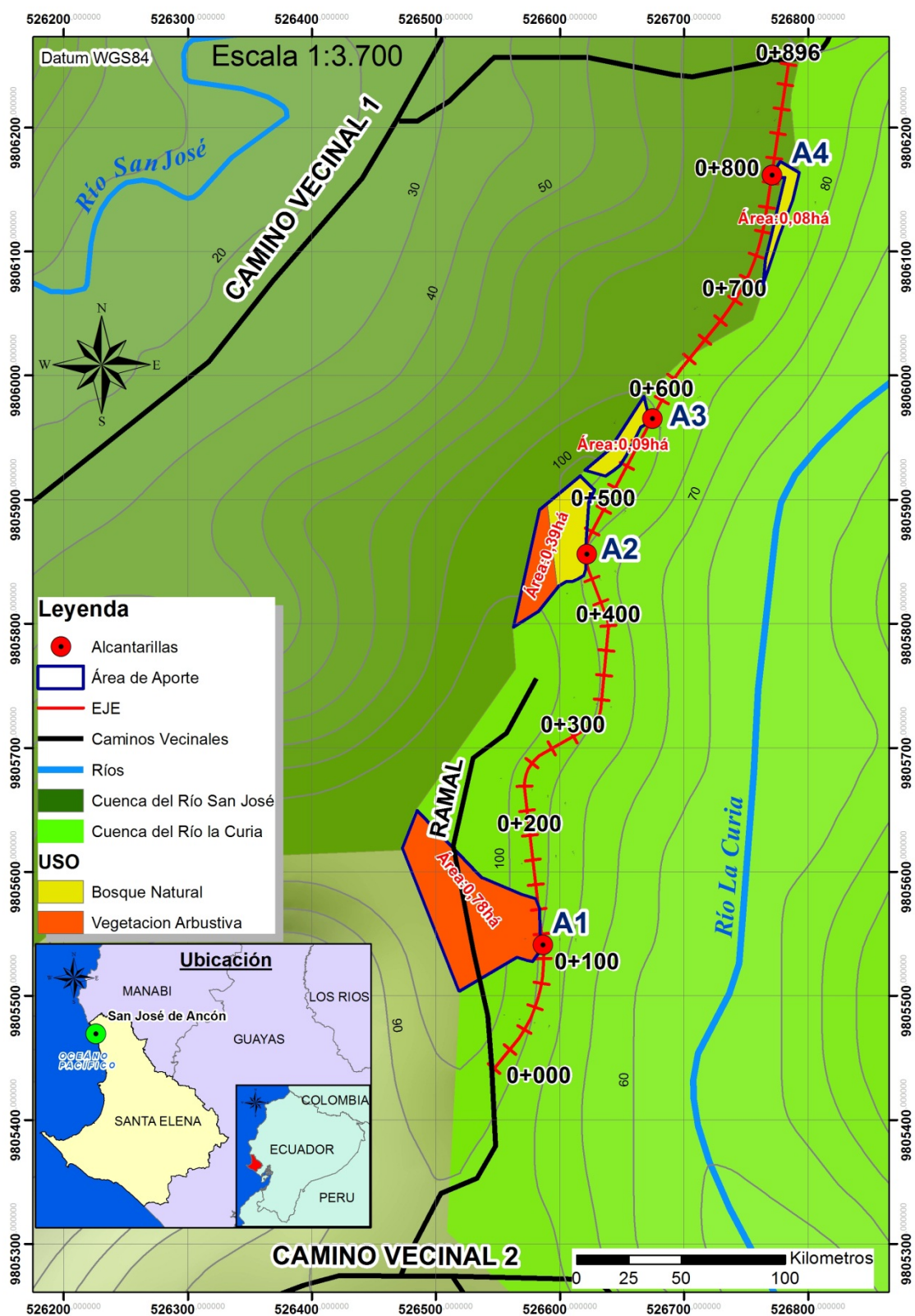


Ilustración 8-2: Cuencas hidrográficas y áreas de aporte a las alcantarillas del proyecto ⁽¹⁷⁾

B. Dentro de las alcantarillas se debe garantizar un flujo supercrítico para que se produzca la menor cantidad de sedimentos posible y se dé una “auto-limpieza”⁽²¹⁾.

En dicho flujo el calado en las alcantarillas debe ser menor al calado crítico, es decir cuando el número de Froude es igual a 1 (Ecuación 8-9) ⁽¹⁾. En las alcantarillas del proyecto el calado crítico es de 0,83m; valor menor al calado de diseño de 0,96m, por lo que el diseño es aceptable.

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

Ecuación 8-9

Dónde:

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.

$$y = 0,83 \text{ m}; V = \frac{(A/P)^{\frac{2}{3}} * S^{0,5}}{n} = \frac{((0,834)/(2,36))^{\frac{2}{3}} * 0,025^{0,5}}{0,024} = 3,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}; Fr = \frac{3,3}{\sqrt{9,81 * 1,1}} = 1$$

C. La altura permisible en la entrada de la alcantarilla es el valor menor entre el borde libre mínimo de un metro, medido desde el nivel de la rasante y 1,2 veces la altura del ducto, es decir de 1,44 m ⁽²¹⁾.

Para la verificación de un buen comportamiento hidráulico de las alcantarillas; hay dos formas típicas de análisis del escurrimiento, la una con sección de control en la entrada y la otra a la salida de la alcantarilla; siendo la sección de control donde se asume que se desarrolla un calado próximo al crítico ⁽¹⁾. Para las alcantarillas del proyecto se ha optado por forzar a las alcantarillas a que tengan una sección de control a la entrada, donde los parámetros de diseño son: la sección transversal del conducto, la geometría y la profundidad del agua a la entrada (He) ⁽¹⁾.

A fin de evitar que el agua sobrepase la corona de la carretera en el proyecto, la altura permisible del remanso en la entrada de la alcantarilla se establecerá como el valor entre un borde libre mínimo de un metro, medido desde el nivel de la rasante y no mayor a 1,2 veces la altura del ducto, es decir de 1,44 m ⁽²¹⁾. La relación entre la profundidad de agua a la entrada (He) y el diámetro (D) para el caudal máximo de 0,47 m³/s es 0,5m para entrada tipo cabezal (Anexo P); por lo que “He” tiene un valor de 0,6m; siendo el diseño válido.

Las longitudes de las alcantarillas se han medido a partir de la Ilustración 8-3. Las longitudes adoptadas se muestran en la Tabla 8-5 y su vista en planta en la Ilustración 8-4, dando como resultado una longitud total de 40 metros.

Tabla 8-5: Longitudes de alcantarillas del proyecto

Alcantarilla	Abscisa	Longitud	Esivajamiento	Longitud real	Longitud Adoptada
	m	m	Grados	m	m
A1	0+111,5	8,80	0	8,80	9
A2	0+461,9	9,50	27	10,66	11
A3	0+576,5	8,9	0	8,90	9
A4	0+805,4	10,75	12	10,99	11
				TOTAL	40

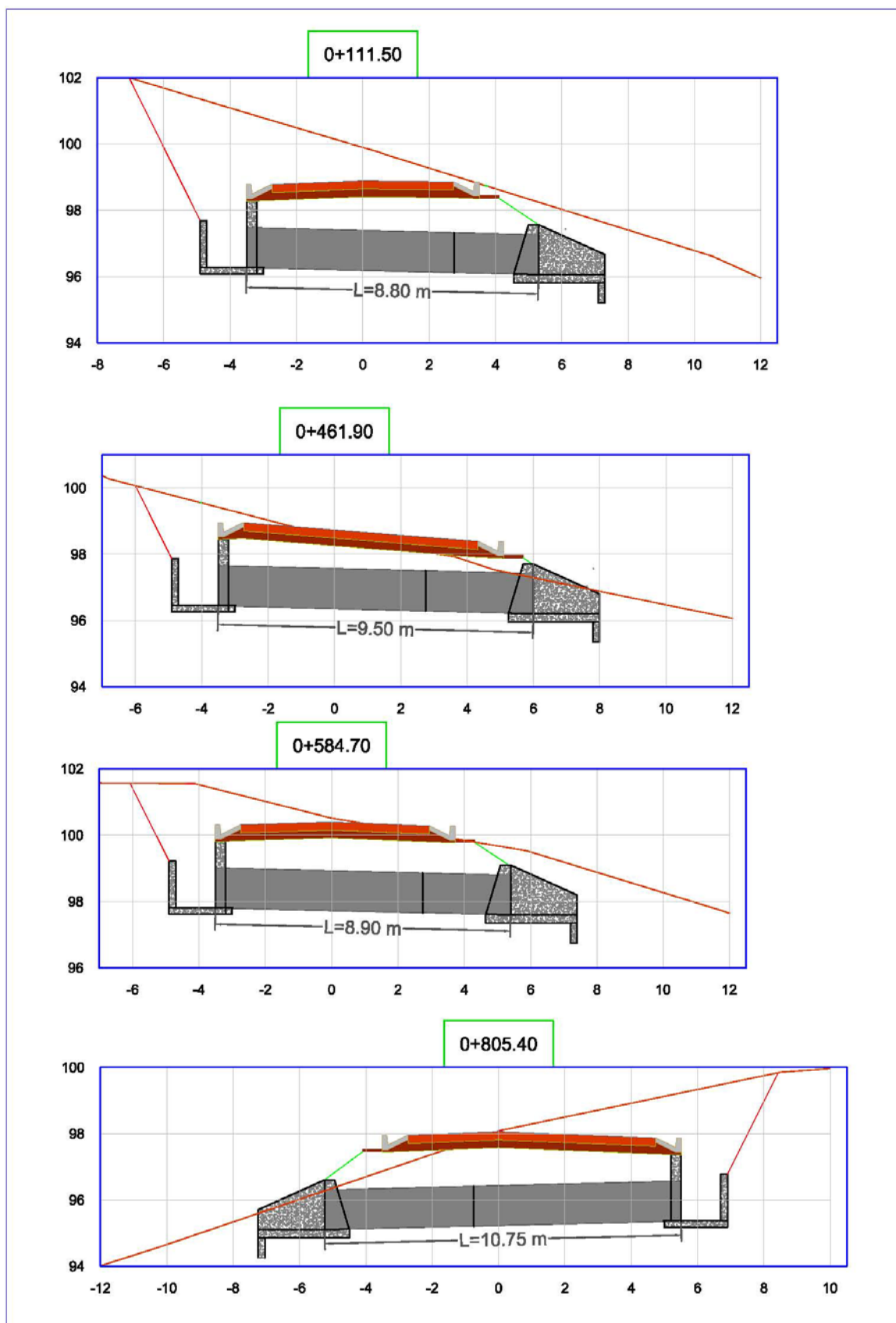


Ilustración 8-3: Alcantarillas del proyecto: Vista transversal

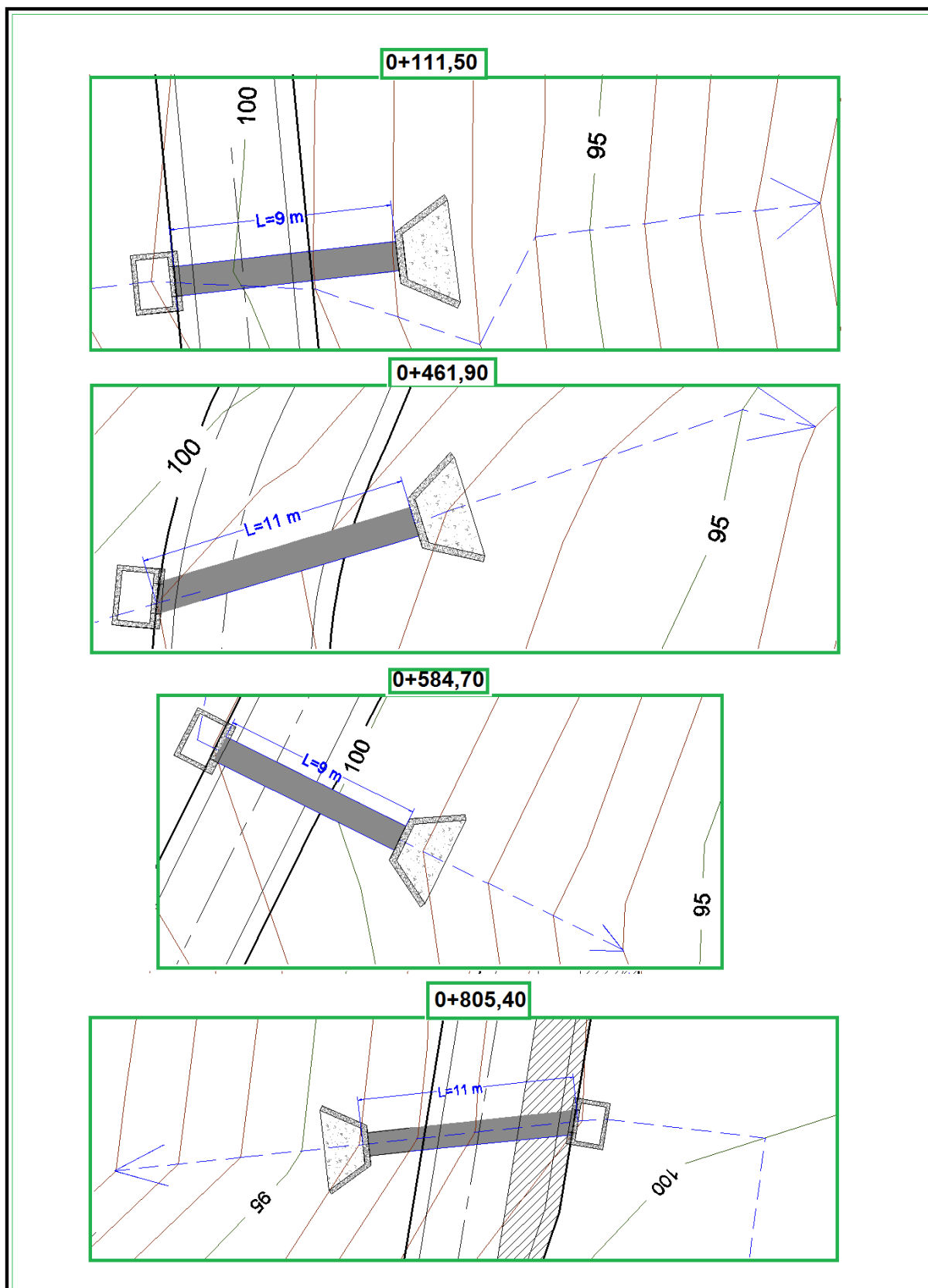


Ilustración 8-4: Alcantarillas del Proyecto: Vista en Planta

9 CAPÍTULO IX: PRESUPUESTO DE OBRA

9.1 Rubros y Cantidades de obra

A continuación se detallan los rubros a emplearse del Ministerio de Transporte y Obras Públicas ⁽²⁰⁾, y los cálculos de las respectivas cantidades de obra; clasificados en seis grupos.

A. Desbroce, desbosque y limpieza

- **Desbroce, desbosque y limpieza (302-1) [ha]:** Consiste en despejar el terreno necesario correspondiente a 30m de ancho, que equivale al derecho de vía. El área para el desbroce es de **2,69 hectáreas** para la longitud total de la vía de 895,5m.

$$\text{Área de desbroce} = \text{Ancho} * \text{Longitud de la vía} = 30 * 895,5 = 26,865\text{m}^2 = 2,69 \text{ ha}$$

B. Corte y relleno del terreno

- **Excavación en suelo (303-2(2)) [m³]:** El material del proyecto se ha clasificado como suelo limoso, es decir, la excavación no se presenta en roca. El volumen total de excavación para el proyecto es de **15.261m³**, calculado por medio del método del prismoide (Tabla 6-2).
- **Transporte de material de excavación (309-2(2)) [m³*km]:** La escombrera en la comuna San Antonio se ubica a 17,5 km de distancia desde el centro de la vía, y se transportarán 15.115 m³ (Tabla 6-2), dando como resultado **264512,5 m³-km**.

$$\text{Material transportado} = \text{Volumen neto} * \text{Distancia a escombrera} = 15115 * 17,5 = 264512,5 \text{ m}^3\text{-km}$$

- **Relleno y terraplén:** Los terraplenes no se medirán para su pago directo.

C. Obras de drenaje de arte menor

- **Excavación y relleno para estructuras (307-2(1)) [m³]** La zanja a excavar para una alcantarilla tiene un área de 4,14 m² (Ilustración 9-1). Para el cálculo del volumen a excavar se multiplica ésta área por la suma de las longitudes de las alcantarillas que equivale a 40m, dando un resultado de **166 m³**.

$$\begin{aligned} \text{Excavación para alcantarillas} &= \text{Área de la zanja} * \text{Longitud de alcantarillas} = \\ &= 4,14 * 40 = 165,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

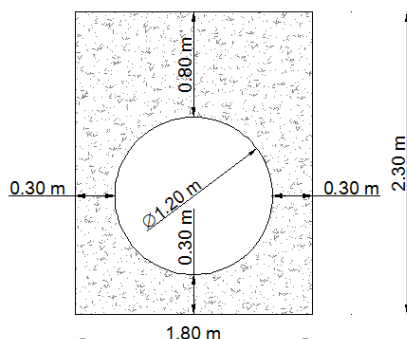


Ilustración 9-1: Dimensiones mínimas de la zanja donde estará ubicada la alcantarilla ⁽²⁵⁾

- **Excavación para cunetas y para encauzamiento (307-1(1)) [m³].** Este rubro consiste en el volumen de excavación para las cunetas del proyecto; el mismo que es **412m³**, resultado de multiplicar la longitud de las cunetas de 1.791 m por su área de excavación 0,23 m².

$$\begin{aligned} \text{Excavación para cunetas} &= \text{Longitud de cunetas} * \text{Área de excavación} = \\ &= 2 * 895,5 * 0,23 = 412 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Tubería de acero corrugado D= 0.80 m e= 1.5 mm (602-(2A)g).** La longitud de tubería de alcantarillas equivale a la longitud total de **40m** (Tabla 8-5).
- **Hormigón estructural de cemento Portland, Clase B f'c=210kg/cm² (503-(2)) [m³].** Este hormigón se empleará para las cunetas, así como para las entradas y salidas de las alcantarillas. El área transversal de cada cuneta es 0,12 m² y tienen una longitud de 1.791m. Para las 4 salidas tipo ala se emplea 6,3 m³ (Ilustración 9-2), mientras que para las 4 entradas tipo cajón se emplea 3,5 m³ (Ilustración 9-3). El hormigón total requerido es de **254,12m³** que equivale a la suma del requerido para cunetas más alcantarillas.

$$\begin{aligned} \text{Volumen H}^\circ &= \text{Volumen cunetas} + \text{Volumen entrada alcantarilla} + \text{Volumen salida de alcantarilla} = \\ &= 1791 * 0,12 + 4 * 6,3 + 4 * 3,5 = 254,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

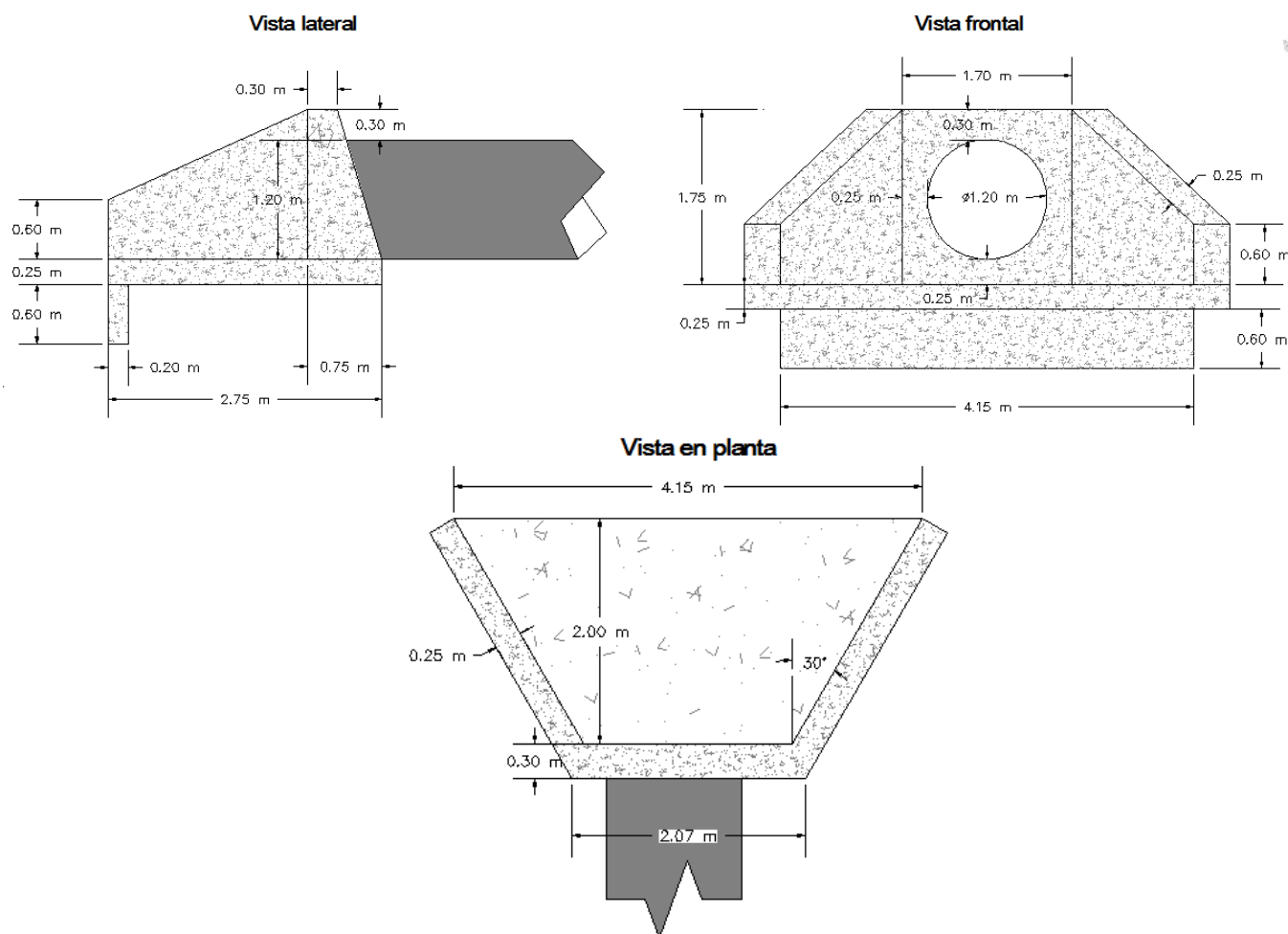


Ilustración 9-2: Dimensiones para salidas tipo ala ⁽²⁴⁾

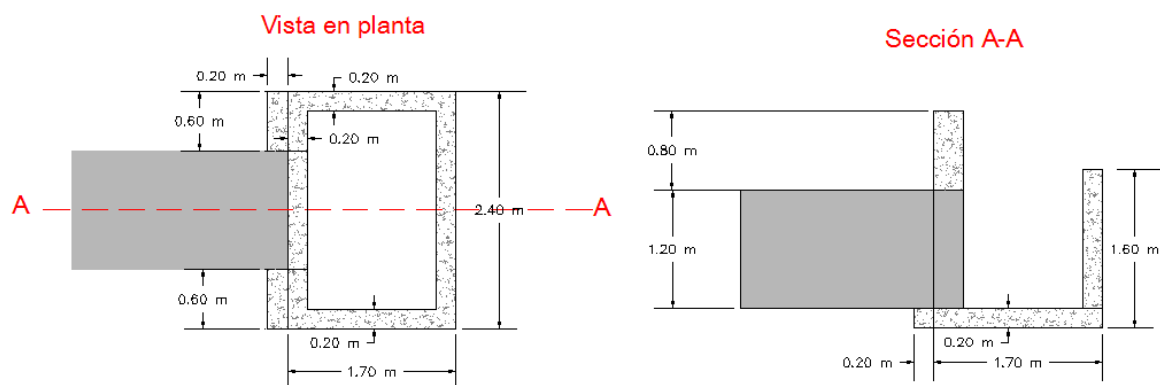


Ilustración 9-3: Dimensiones para entradas tipo cajón (24)

D. Estructura del pavimento

Superficie de agregados no tratados (401-2) [m³]. Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de agregados no tratados. El material debe cumplir con las características de la Tabla 9-1. La cantera se ubica en el pueblo de Ayampe a 17,6 km de la entrada al camino vecinal 2 (Ilustración 9-4) y a 18,5 km del inicio de la vía del proyecto. El volumen de agregado no tratado para la capa de rodadura se ha calculado por el método del prismoide; el cual se muestra en el Anexo Q, dando como resultado **1371 m³**.

Tabla 9-1: Características del material granular para la capa de rodadura ⁽²⁰⁾

Material grueso	Desgaste a la abrasión	50%
Material fino	No materia orgánica	
	LL	< 35
	% pasante tamiz #40	< 9%
	% pasante tamiz #200	< 2/3 del % pasante del tamiz #40

Estabilización de la subrasante con cal hidratada (402-3 (1)) [m³]. Se ha optado por emplear un 2% de cal en peso seco ⁽¹⁴⁾. La densidad máxima seca es de 1,60 gr/cm³ (Anexo I), por lo que se requiere 30 kg/m³. El volumen total requerido es de **1355m³**, calculado por medio del método del prismoide (Anexo Q).

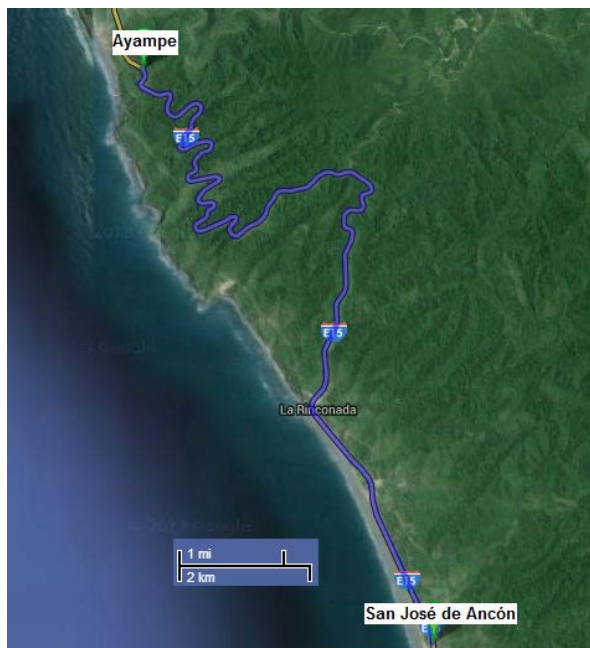


Ilustración 9-4: Ubicación de la cantera. Fuente: Google Maps

E. Muros laterales o de borde

- **Excavación y relleno para estructuras (307-2(1)) [m³]** Para el muro del proyecto de 45m de longitud comprendido entre las abscisas 0+250 y 0+295 se excavará una zanja de 0,6m de altura y un ancho de 1m. El volumen de excavación requerido es de 27m³.

$$V = 0,60 * (\text{ancho} * \text{longitud})_{\text{de la base del muro}} = 0,6 * 1 * 45 = 27 \text{ m}^3$$

- **Hormigón Ciclópeo (503 (5)) [m³].** El muro del proyecto tiene un área de 0,875m², sus dimensiones se encuentran en la Ilustración 6-2. Para la longitud de 45m se requiere un volumen de hormigón ciclópeo de 39,4 m³.

$$\text{Volumen de H}^\circ \text{Ciclópeo} = \text{Área por longitud} = 0,875 * 45 = 39,4 \text{ m}^3$$

F. Señalización vial

- **Señales al lado de la carretera (0,3x0, 45 m) (708-5(1)) [unidad].** Son placas o paneles montados en postes metálicos, que serán instaladas antes de cada curva horizontal (una en cada sentido). En el proyecto hay 7 curvas horizontales por lo que se requiere un total de 14 unidades.

$$\text{Señales verticales} = \text{Número de curvas horizontales} * 2 = 7 * 2 = 14$$



A continuación se presenta un resumen de las cantidades de obra en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Resumen de cantidades de obra del proyecto

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
302-1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	2,69
303-2(2)	Excavación en suelo	m ³	15261
309-2(2)	Transporte de material de excavación (libre 500m)	m ³ *km	264512,5
307-2(1)	Excavación y relleno para estructuras (alcantarillas)	m ³	166
307-3(1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m ³	412
602-(2A)g	Tubería de acero corrugado D= 1,20 m e= 1,5 mm	m	40
503-(2)	Hormigón estructural de cemento Portland, Clase B f'c=210kg/cm ²	m ³	2512
401-2	Superficie de agregados no tratados	m ³	1371
402-3(1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m ³	1355
307-2(1)	Excavación y relleno para estructuras (muros)	m ³	39,4
503-5	Hormigón Ciclópeo	m ³	27
708-5(1)a	Señales al lado de la carretera	u	14

9.2 Presupuesto del proyecto

Los precios unitarios referenciales para estimar el presupuesto del proyecto, actualizados a Agosto del 2013, se han obtenido de un análisis del Departamento de Coordinación de Licitaciones del MTOP. Dicho análisis incluye el costo directo, 8% de gastos generales, 8% de utilidades, 3% de imprevistos y 2,41% de impuestos. La especificación del cálculo de los rubros se encuentra en el Anexo R. El costo total para la construcción del camino vecinal del proyecto es de \$128.786,51 (Tabla 9-3).

Tabla 9-3: Presupuesto de la construcción del proyecto

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
302-1	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	2,69	301,9	812,11
303-2(2)	Excavación en suelo	m ³	15261	1,07	16329,27
309-2(2)	Transporte de material de excavación (libre 500m)	m ³ *km	264512,5	0,14	37031,75
307-2(1)	Excavación y relleno para estructuras (alcantarillas)	m ³	166	4,3	713,80
307-3(1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m ³	412	4,37	1800,44
602-(2A)	Tubería de acero corrugado D= 1,20 m e= 1,5 mm	m	40	241,59	9663,60
503-(2)	Hormigón estructural de cemento Portland, Clase B f'c=210kg/cm ²	m ³	254,12	137,48	34936,42
401-2	Superficie de agregados no tratados	m ³	1371	10,45	14326,95
402-3(1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m ³	1355	6,15	8333,25
307-2(1)	Excavación y relleno para estructuras (muros)	m ³	27	4,3	116,10
503-5	Hormigón Ciclópeo	m ³	39,4	86,55	3410,04
708-5(1)a	Señales al lado de la carretera	u	14	93,77	1312,78
				TOTAL	128.786,51



10 CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El camino vecinal diseñado vinculará los dos caminos vecinales más importantes de la región, formando un anillo vial.
- La ruta seleccionada para el camino vecinal del proyecto es la más económica, estratégicamente la más óptima, con pendientes más suaves, no es visible desde el pueblo de San José o desde la Troncal del Pacífico; pero demanda una gran tala del bosque natural.
- La nueva carretera es de tipo 4, según la clasificación de caminos vecinales del MOP, con una velocidad de diseño de 25 km/h y una velocidad de circulación de 24 km/h.
- El nuevo camino vecinal tendrá una longitud de 895,5m, un ancho de 4m y un bombeo de 4%. Los taludes de corte tendrán una inclinación de 1:2 (H:V) y los de relleno 1,5:1 (H:V).
- La mayor gradiente del proyecto es de 10%, respetando la máxima gradiente permitida según el MTOP de 14%.
- El pavimento de la vía del proyecto está compuesto de 25cm de una capa de rodadura de agregado no tratado sobre 20cm de subrasante estabilizada con cal hidratada.
- La subrasante del proyecto está conformada en su totalidad por limo de color amarillo, con CBR de 4,53%, tiene un límite líquido promedio de 51% y un índice de plasticidad promedio de 8,5%.
- Las obras de drenaje de arte menor están conformadas por cunetas longitudinales a lo largo de ambos bordes de la calzada y por 4 alcantarillas de acero corrugado de diámetro de 1,2m.
- El tránsito que circula por el “camino vecinal 2” es de 9 vehículos por día; con la apertura del anillo vial se espera que en 20 años el tráfico no sobrepase los 30 vehículos por día.
- La inversión para el proyecto se estima que es de \$128.786,51.
- La nueva ruta ayudará a los comuneros a disponer de accesos a sus terrenos, facilitar la movilidad y brindar la oportunidad para emprender negocios turísticos.
- La ruta seleccionada pasa por la cima de la loma de San José, donde se podría realizar a futuro miradores y hoteles con una vista espectacular a la parte selvática, a montañas y al océano Pacífico de forma simultánea.
- Se recomienda dar un mantenimiento a la vía con el fin de conservar su funcionalidad y estética, para que así sea atractivo visitar la loma de San José.
- Para lugares con vegetación densa como es el del proyecto; es recomendable hacer el levantamiento topográfico con estación total.
- Se recomienda dar mantenimiento a las obras de drenaje, puesto que la zona donde se encuentra el proyecto es muy lluviosa.
- Se debe realizar un estudio de estabilización de la subrasante con cal, para obtener su dosificación exacta para evitar así su hinchamiento.
- Al haberse realizado la fase preliminar del proyecto se recomienda a los habitantes de la comuna San José presentar esta monografía al organismo correspondiente para que proceda a la fase definitiva de la vía.



11 CAPÍTULO XI: BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALONSO, Facundo: "DISEÑO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLA". Argentina, 2005
- (2) BENÍTEZ, C., et. al: "MANUAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN". Lima, Perú, 1980
- (3) CÁRDENAS, Grisales: "DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS", ECOE Ediciones. Bogotá, Colombia, 2008
- (4) CHOW, Ven Te. et. al: "HIDROLOGÍA APLICADA", traducido de Applied Hydrology, Edit. Nomos. Bogotá, Colombia, 1994
- (5) CHOW, Ven Te: "HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS", MCGRAW HILL INTERAMERICAN S.A., traducido de Open Channel Hydraulics. Edit. Nomos. Bogotá, Colombia, 1994.
- (6) DAS, Braja: "FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA", INTERNATIONAL THOMSON EDITORES, México D.F., México, 2001.
- (7) DÍAZ, Jairo, JIMENEZ, G: "ESTUDIOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA". Armenia, Colombia, 2005.
- (8) LINÁS, Humberto: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD, Editorial Uninorte, Barranquilla, Colombia, 2010.
- (9) MONTEJO, A: "INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS", Agora Editores, Bogotá, Colombia, 2002
- (10) PIZARRO, R, et.al: "DISEÑO DE OBRAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE AGUAS Y SUELOS". Chile, 2004
- (11) VALLECILLA, Carlos. "MANUAL DE PUENTES EN CONCRETO REFORZADO". Editorial Bauen. Bogotá D.C., Colombia, 2006.
- (12) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, Washington D.C.: AASHTO, 2004, A Policy on Geometric Design of Highway and Streets
- (13) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, Washington D.C.: AASHTO, 1993. Guide for design of pavement structures. A Police on Geometric Design of Highway and Streets.
- (14) BERGER INTERNATIONAL Y PROTECVIA CIA. LTDA, Quito, Ecuador, 1984, Manual de Diseño de Caminos Vecinales, MOP.
- (15) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INV), Bogotá, Colombia, 2001, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.
- (16) INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI), Quito, Ecuador, 1999 Estudio de llluvias Intensas
- (17) INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 2013, Base Continua Escala 1:50.000, formato shape.
- (18) INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, Ecuador, 1968. Base Topográfica: Hoja CT-MIV-E, 3488, Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM).

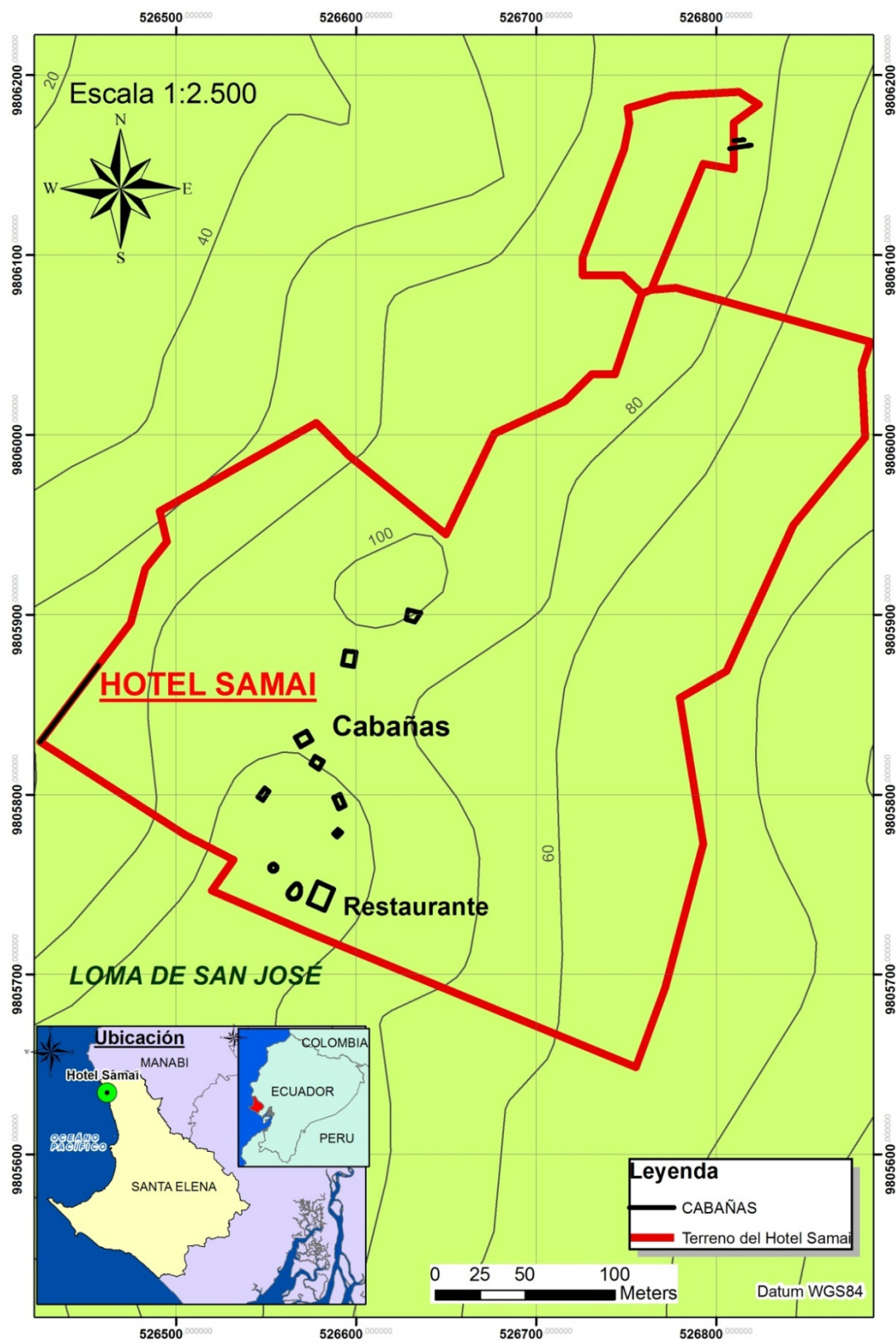


- (19) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS, Ecuador, 2001, "Comunicado a los señores transportistas de carga pesada, empresas que generan carga, puertos marítimos y terrestres, aduanas, encargados de control de transporte terrestre y afines del Ecuador.
- (20) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES (MTO), Quito, 2002, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP-001-F-2002.
- (21) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS, Quito, Ecuador, 2003, Normas de Diseño Geométrico.
- (22) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (MTC), Lima, Perú, 2008, Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tráfico.
- (23) MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (MTC), Perú, 2011. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje
- (24) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE, (MOPT), Costa Rica, 1966. Normas y diseños para la construcción de carreteras.
- (25) PROGRAMA DE APOYO A LA DESCENTRALIZACIÓN Y EL DESARROLLO MUNICIPAL (DDM), Guatemala, 2001. Mantenimiento participativo de caminos rurales.
- (26) SECRETARÍA DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, México, 1971, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.



12 ANEXOS

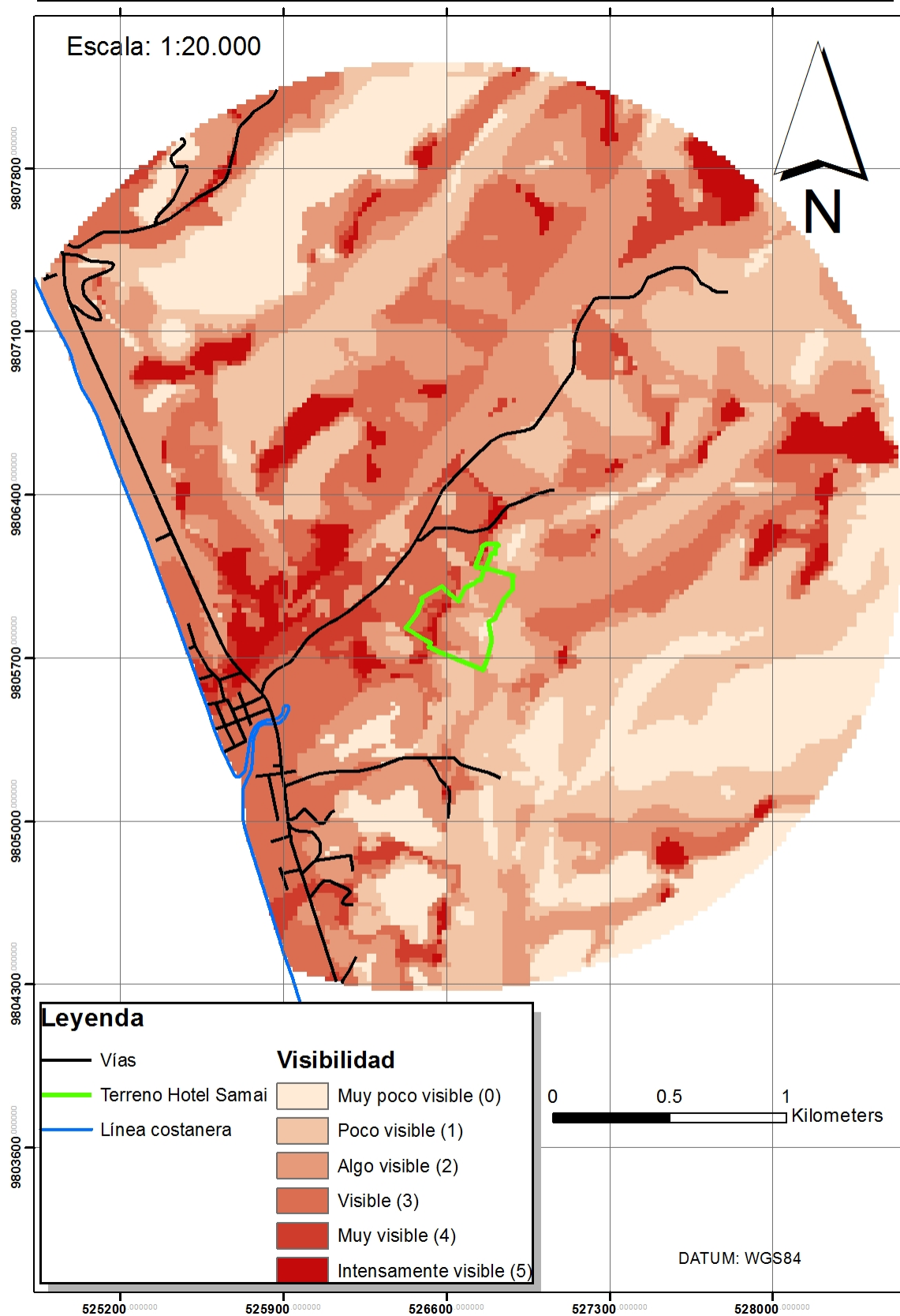
Anexo A: Terreno y Cabañas del "Hotel Samai"





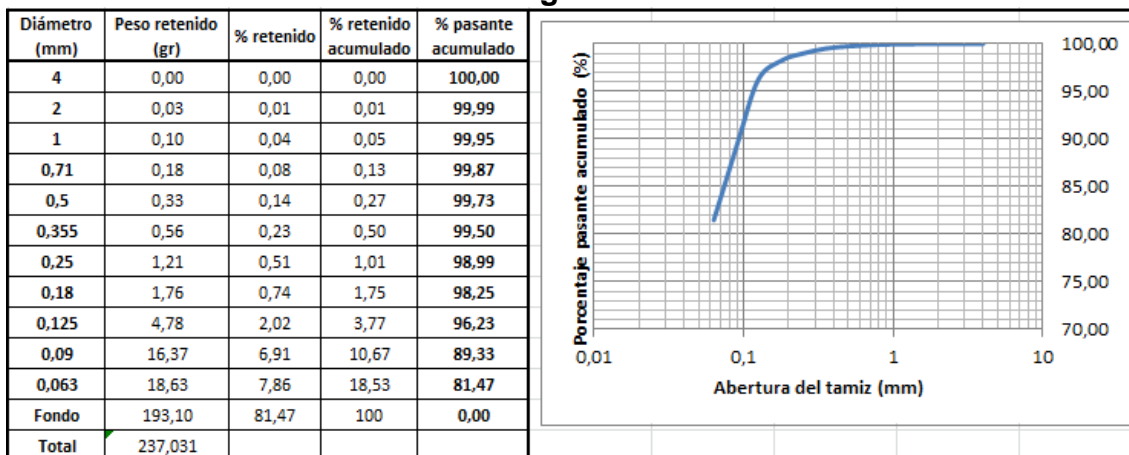
Anexo B ⁽¹⁷⁾

Mapa de Visibilidad en un radio de 2km del área del Proyecto



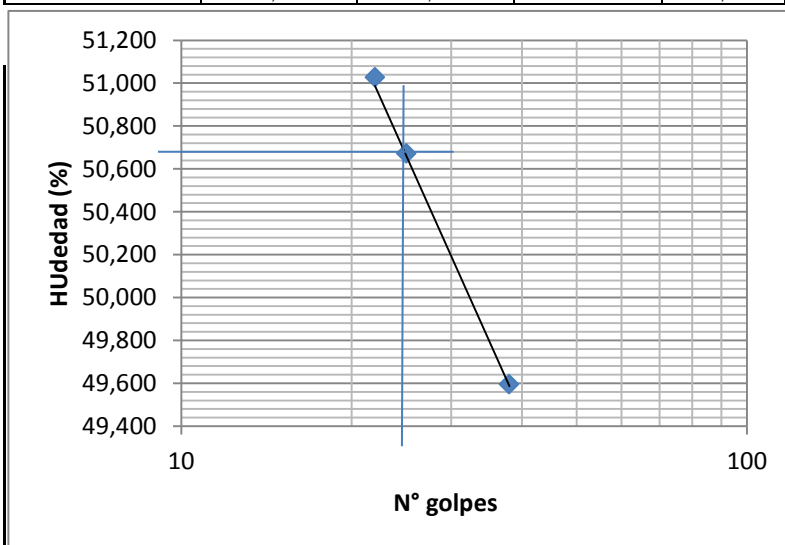


Anexo C: Análisis granulométrico. Muestra C



Anexo D: Límites de Atterberg. Muestra A

Obra								
Camino Vecinal en Loma San José								
Método								
ASTM D1833-99								
Ubicación								
Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador								
Muestra								
C								
N° de tarro	Recipiente + muestra húmeda (gr)	Recipiente + muestra seca (gr)	N° golpes	Peso del recipiente (gr)	Peso Seco (gr)	Peso del agua (gr)	Humedad (%)	Promedio de humedad (%)
85	50,213	47,819	22	43,219	4,600	2,394	52,043	51,029
98	51,016	47,58		40,71	6,870	3,436	50,015	
77	58,120	53,646		44,776	8,870	4,474	50,440	
18	51,535	47,855	25	40,626	7,229	3,680	50,906	50,673
65	60,588	58,215		53,382	4,833	2,373	49,100	
60	57,739	54,215		47,18	7,035	3,524	50,092	



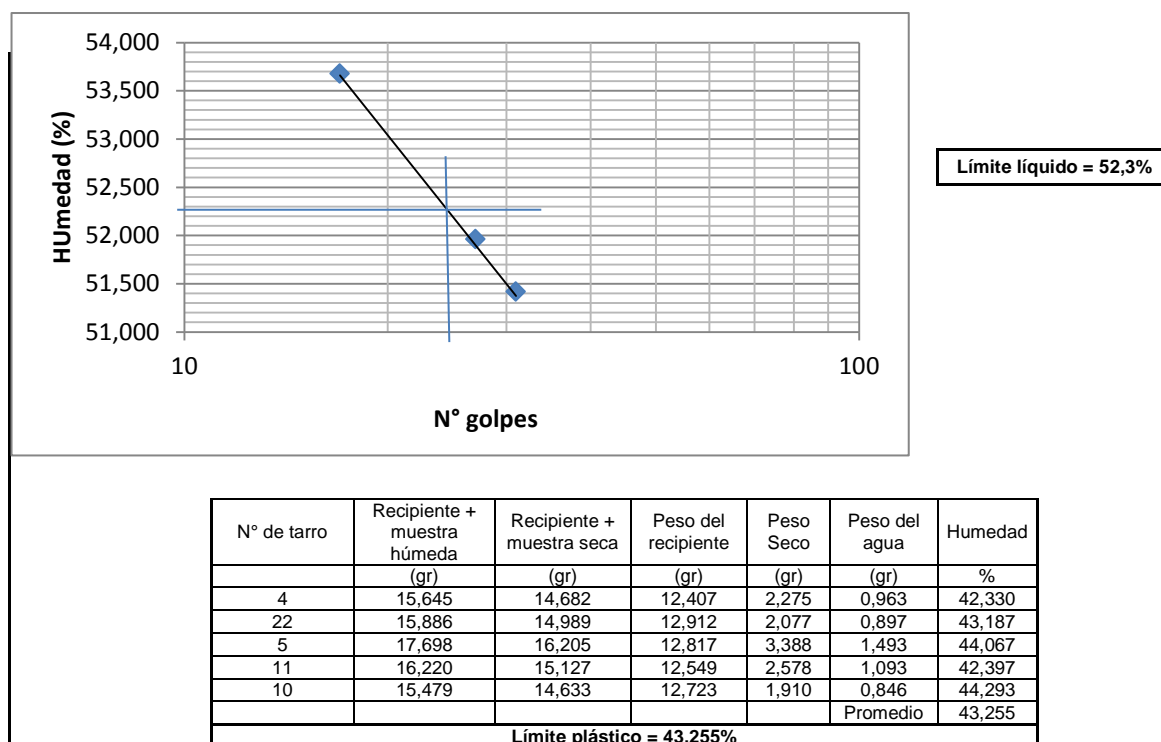
Límite líquido = 50,67%

N° de tarro	Recipiente + muestra húmeda (gr)	Recipiente + muestra seca (gr)	Peso del recipiente (gr)	Peso Seco (gr)	Peso del agua (gr)	Humedad (%)
4	15,678	14,669	12,407	2,262	1,009	44,607
22	18,270	16,649	12,912	3,737	1,621	43,377
5	17,860	16,357	12,817	3,540	1,503	42,458
14	188,484	186,897	182,992	3,905	1,587	40,640
10	15,958	14,991	12,723	2,268	0,967	42,637
					Promedio	42,744
Límite plástico = 42,744%						



Anexo E: Límites de Atterberg. Muestra C

Obra	Camino Vecinal en Loma San José							
Método	ASTM D1833-99							
Ubicación	Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador							
Muestra	C							
N° de tarro	Recipiente + muestra húmeda	Recipiente + muestra seca	N° golpes	Peso del recipiente	Peso Seco	Peso del agua	Humedad	Promedio de humedad
	(gr)	(gr)		(gr)	(gr)	(gr)	%	%
17	50,785	46,652	17	38,988	7,664	4,133	53,927	53,678
74	60,937	55,708		45,921	9,787	5,229	53,428	
91	52,381	48,950	27	42,344	6,606	3,431	51,938	51,963
6	55,055	49,784		39,645	10,139	5,271	51,987	
34	60,21	54,43	31	43,161	11,269	5,780	51,291	51,417
74	71,891	63,592		47,491	16,101	8,299	51,543	



Anexo F: Resultados del ensayo de Humedad Natural

	Tarro	Peso Suelo Húmedo	Peso Suelo Seco	Humedad	Humedad promedio
	#	gr	gr	%	%
Calicata A	48	114,46	100,59	13,8	
	74	118,79	103,59	14,7	14,2
	35	110,56	96,76	14,3	
Calicata C	144	95,8	82,45	16,2	
	150	112,5	97,26	15,7	15,5
	122	93,3	81,38	14,6	



Anexo G: Ensayo Proctor modificado. Muestra A

Obra	Camino Vecinal en Loma San José						
Método	ASTM D1557-02						
Ubicación	Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador						
Peso del cilindro gr	8509	Muestra	C				
Volumen del cilindro (cm3)	2098	Número de Capas	5				
		Número de golpes	56				
Tarro	Peso húmedo	Peso seco	Humedad	Humedad promedio	Peso tarro + suelo	Peso suelo	Densidad
#	gr	gr	%	%	gr	gr	gr/cm3
171	110,14	97,13	13,4				
160	115,07	103,96	10,7	12,0	12184	3675	1,75
144	95,8	82,45	16,2				
122	94,3	80,38	14,76	15,5	12419	3910	1,86
6	87,3	73,48	18,8				
27	100,8	84,75	18,9	18,9	12228	3719	1,77
65	113,1	94,41	19,8				
61	102,4	85,08	20,4	20,1	12015	3506	1,67

Densidad máxima	1,88	gr/cm3
Humedad óptima	15,62	%

Anexo H: Ensayo Proctor modificado. Muestra C

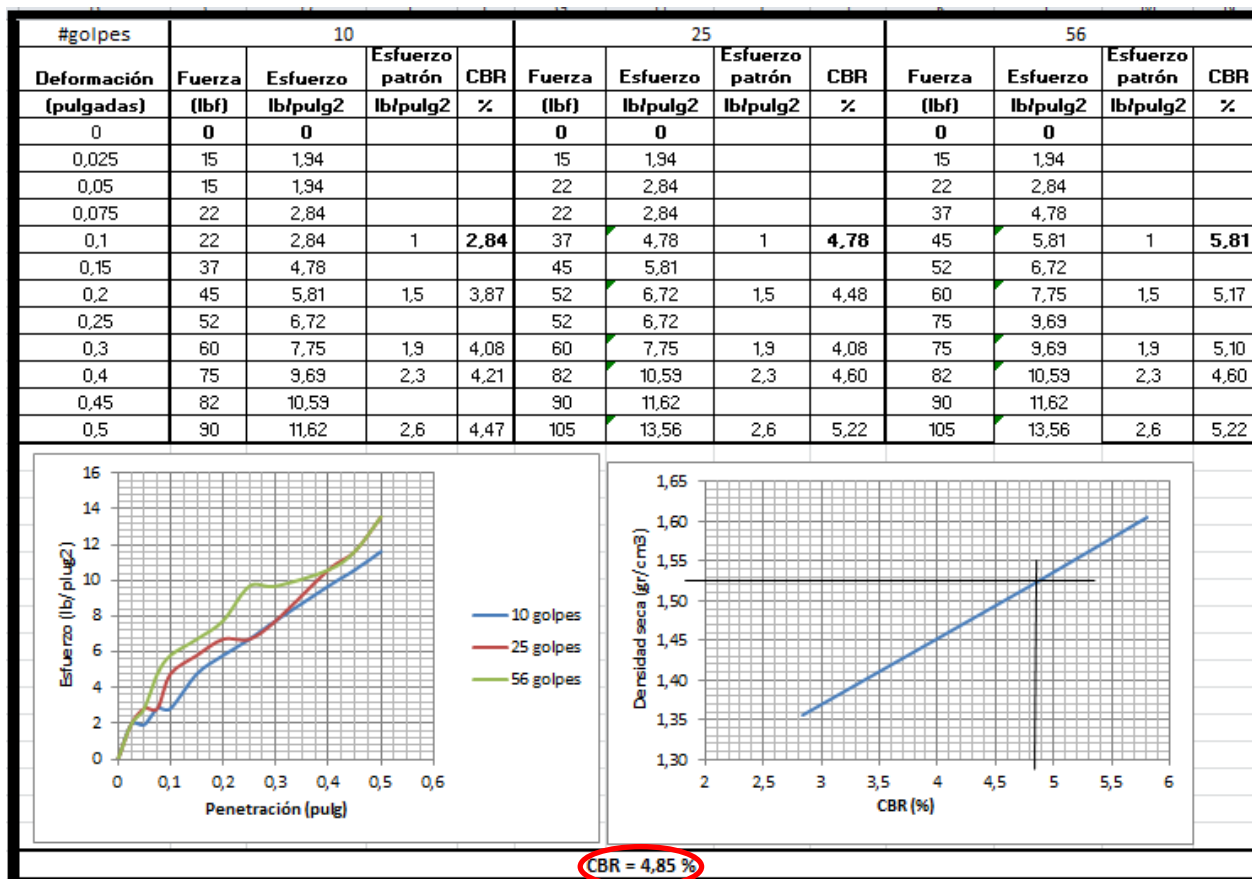
Obra	Camino Vecinal en Loma San José						
Método	ASTM D1557-02						
Ubicación	Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador						
Peso del cilindro gr	8509	Muestra	A				
Volumen del cilindro (cm3)	2098	Número de Capas	5				
		Número de golpes	56				
Tarro	Peso húmedo	Peso seco	Humedad	Humedad promedio	Peso tarro + suelo	Peso suelo	Densidad
#	gr	gr	%	%	gr	gr	gr/cm3
48	114,46	100,59	13,8				
74	118,79	105,59	12,5	13,1	12184	3675	1,75
64	106,69	92,75	15,0				
27	80,69	70,27	14,8	14,9	12400	3891	1,85
130	111	95,1	16,7				
63	101,8	87,5	16,3	16,5	12373	3864	1,84
33	103,4	87,8	17,8				
17	122,1	103,4	18,1	17,9	12245	3736	1,78

Densidad máxima	1,86	gr/cm3
Humedad óptima	15,71	%



Anexo I: Ensayo CBR. Muestra A

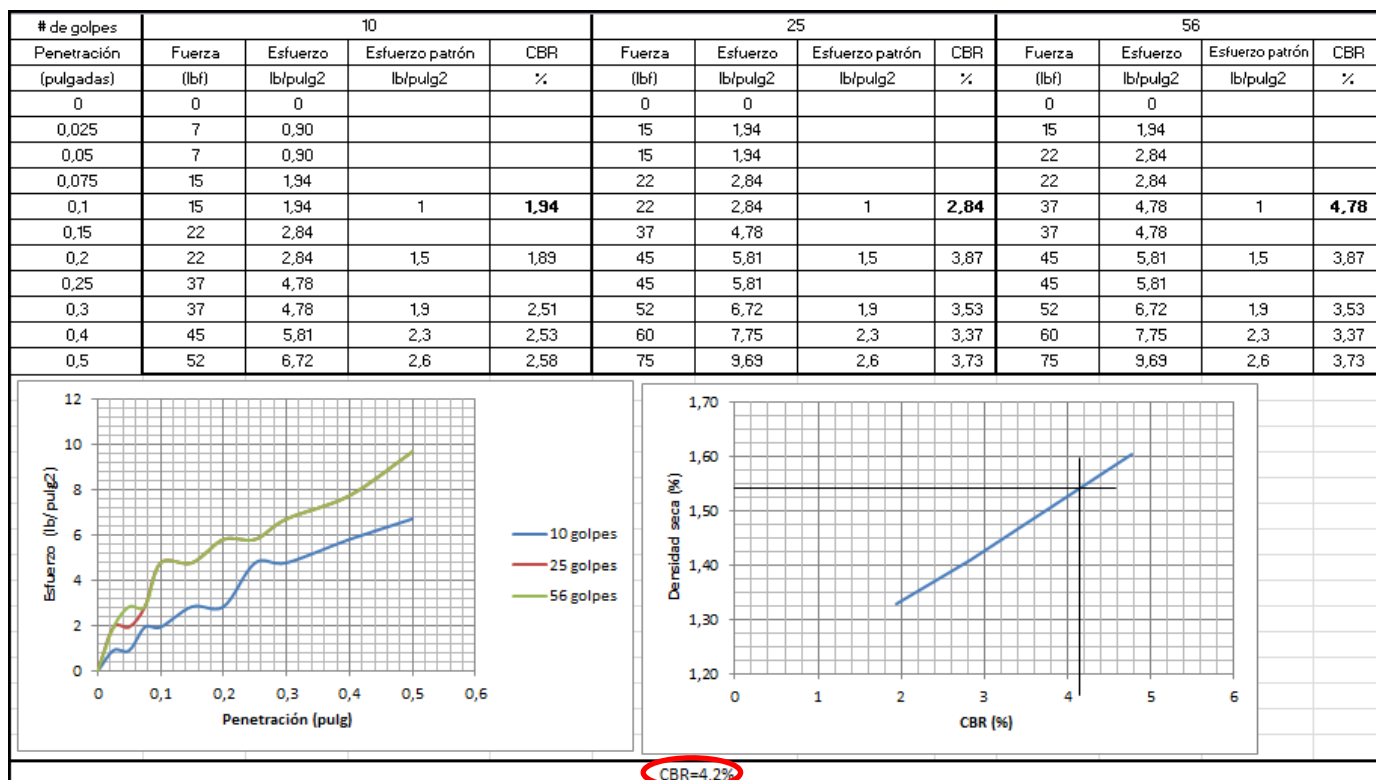
Obra	Camino Vecinal en Loma San José					
Método	ASTM D1833-99					
Ubicación	Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador					
Muestra	A					
Número de capas	5	5	5	5	5	5
Número de golpes por capa	10	25	25	25	56	56
Peso muestra húmeda + molde	19320	18188	18188	18188	19175	19175
Peso del molde	15565	14205	14205	14205	14830	14830
Peso muestra húmeda	3755	3983	3983	3983	4345	4345
Volumen de la muestra	2390	2268	2268	2268	2335	2335
Densidad Húmeda	1,57	1,76	1,76	1,76	1,86	1,86
Densidad Seca	1,36	1,52	1,52	1,52	1,60	1,60
Contenido de agua						
Tarro #	48	27	171	74	150	172
Peso muestra húmeda	108,66	105,95	110,44	111,78	103,03	108,36
Peso muestra seca	93,85	91,35	95,23	96,94	88,22	94,08
Contenido de humedad	15,78	15,98	15,97	15,31	16,79	15,18
Promedio contenido de humedad	15,88	15,64	15,64	15,64	15,98	15,98





Anexo J: Ensayo CBR. Muestra C.

Obra	Camino Vecinal en Loma San José					
Método	ASTM D1833-99					
Ubicación	Comuna San José, Manglaralto, Santa Elena, Ecuador					
Muestra	C					
Número de capas	5	5	5			
Número de golpes por capa	10	25	56			
Peso muestra húmeda + molde	17309	18803	18791			
Peso del molde	13631	15106	14455			
Peso muestra húmeda	3678	3697	4336			
Volumen de la muestra	2390	2268	2335			
Densidad Húmeda	1,54	1,63	1,86			
Densidad Seca	1,33	1,41	1,60			
	Contenido de agua					
Tarro #	91	144	26	63	70	130
Peso muestra húmeda	106,02	95,21	90,49	86,15	107,19	102,98
Peso muestra seca	91,22	82,57	78,3	74,54	93,38	88,23
Contenido de humedad	16,22	15,31	15,57	15,58	14,79	16,72
Promedio contenido de humedad	15,77	15,57	15,75			



Nota: El diámetro del pistón de penetración es de 3,14 pulgadas.



Anexo K: Clasificación AASHTO de Suelos (23)

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	...	N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Anexo L: Clasificación SUCS de los suelos (23)

SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (φ)	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº4 (útese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)		ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (útese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE) (POCO O NADA DE DE PART. FINAS)	ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE) (POCO O NADA DE DE PART. FINAS)	GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE) (POCO O NADA DE DE PART. FINAS)	GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE DE PART. FINAS)	SÍMBOLOS DEL GRUPO	DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIQUEN MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC	COEF. DE UNIFORMIDAD (C _u) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 4 COEF. DE CURVATURA (C _c) $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$, ENTRE 1 y 3
	SC	SM	SP	SW	GC	GM	GP	GW			NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW
										LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I _p MENOR QUE 6
										LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I _p MAYOR QUE 6
										C _u = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 6 C _c = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$, ENTRE 1 y 3
										NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW
										LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I _p MENOR QUE 6
										LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I _p MAYOR QUE 6

SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50		LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS
	CL	ML	CH	MH	
					OH
					P _t

EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS
G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGÁNICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD
S. ARENA C. ARCILLA P. TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD

COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO
CARTA DE PLASTICIDAD PARA
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO



Anexo M: Diseño vertical del Proyecto

PIV #	ABSCISA	COTAS		G	CV	Corte	Relleno	Observación
		Terreno	Proyecto					
	m	m.s.n.m	m.s.n.m	%		m	m	
INICIO	0+000,00	108,201	107,525	-10		0,68	-	
	0+016,31	106,937	105,894			1,04	-	PC
	0+020,00	106,732	105,525			1,21	-	
	0+030,00	106,326	104,525			1,80	-	
	0+040,00	106,243	103,525			2,72	-	
	0+050,00	105,194	102,525			2,67	-	
	0+060,00	103,642	101,525			2,12	-	
	0+070,00	102,081	100,525	-10	PCV	1,56	-	
	0+080,00	101,374	99,670			1,70	-	
	0+090,00	101,405	99,105			2,30	-	
PVI#1	0+095,00	101,55	98,932			2,62	-	
	0+100,00	101,229	98,830			2,40	-	
	0+101,73	101,027	98,812			2,22	-	PT
	0+120,00	100,374	99,150	4,5	PTV	1,22	-	
	0+140,00	102,507	100,050			2,46	-	
	0+160,00	104,914	100,950			3,96	-	
	0+180,00	105,451	101,850			3,60	-	
	0+200,00	105,096	102,750			2,35	-	
	0+220,00	104,783	103,650			1,13	-	
	0+237,61	105,839	104,443			1,40	-	PC
	0+240,00	106,145	104,550			1,60	-	
	0+250,00	106,461	105,00			1,46	-	
	0+260,00	106,928	105,45			1,48	-	
	0+270,00	107,508	105,900			1,61	-	
	0+270,37	107,516	105,917			1,60	-	PT
	0+280,00	107,280	106,350			0,93	-	
	0+285,00	107,467	106,575	4,5	PCV	0,89	-	
PVI#2	0+300,00	108,210	106,860			1,35	-	
	0+315,00	109,471	106,365	-5,9	PTV	3,11	-	
	0+316,07	109,547	106,302			3,24	-	PC
	0+320,00	108,623	106,070			2,55	-	
	0+330,00	106,569	105,480			1,09	-	
	0+334,35	106,526	105,223			1,30	-	PT
	0+340,00	106,230	104,890			1,34	-	
	0+360,00	104,226	103,710			0,52	-	
	0+380,00	103,472	102,530			0,94	-	
	0+390,62	102,695	101,904			0,79	-	PC
	0+400,00	102,532	101,350			1,18	-	
	0+406,65	101,809	100,958			0,85	-	PT
	0+420,00	100,918	100,170			0,75	-	



Continuación Anexo M

	0+435,00	100,070	99,285	-5,9	PCV	0,78	-	
	0+440,00	99,684	99,026			0,66	-	
	0+448,57	99,192	98,744			0,45	-	PC
	0+450,00	99,099	98,718			0,38	-	
PVI#3	0+460,00	98,600	98,692			-	0,09	
	0+469,45	99,651	98,926			0,72	-	PT
	0+480,00	100,799	99,486			1,31	-	
	0+485,00	101,496	99,860	8,2	PTV	1,64	-	
	0+500,00	103,582	101,090			2,49	-	
	0+510,00	104,669	101,910	8,2	PCV	2,76	-	
	0+520,00	105,462	102,557			2,91	-	
PVI#4	0+535,00	104,875	102,879			2,00	-	
	0+540,00	104,701	102,813			1,89	-	
	0+560,00	102,970	101,685	-9,1	PTV=PCV	1,29	-	
PVI#5	0+580,00	100,522	100,485			0,04	-	
	0+599,44	101,132	100,507			0,63	-	PC
	0+600,00	101,154	100,525	3,3	PTV	0,63	-	
	0+610,00	101,532	100,855			0,68	-	
	0+620,00	101,739	101,185			0,55	-	
	0+620,24	101,732	101,193			0,54	-	PT
	0+640,00	101,958	101,845			0,11	-	
	0+660,00	102,576	102,505			0,07	-	
	0+665,00	102,571	102,670	3,3	PCV	-	0,10	
PVI#6	0+675,00	102,645	102,822			-	0,18	
	0+680,00	102,510	102,766			-	0,26	
	0+685,00	102,358	102,620	-3,8	PTV	-	0,26	
	0+700,00	102,229	102,050			0,18	-	
	0+701,13	102,346	102,007			0,34	-	PC
	0+710,00	102,878	101,670			1,21	-	
	0+720,00	102,834	101,289			1,55	-	
	0+730,00	102,617	100,909			1,71	-	
	0+740,00	101,881	100,529			1,35	-	
	0+741,77	101,716	100,462			1,25	-	PT
	0+760,00	100,451	99,769			0,68	-	
	0+780,00	100,008	99,009			1,00	-	
	0+800,00	98,648	98,248			0,40	-	
	0+820,00	98,196	97,488			0,71	-	
	0+840,00	99,279	96,728			2,55	-	
	0+860,00	97,888	95,967			1,92	-	
	0+880,00	95,150	95,207			-	0,06	
FIN	0+895,47	94,457	94,619	-3,8		-	0,16	

Anexo N: Dimensionamiento del muro del proyecto

A continuación se analiza la estabilidad a deslizamiento y a volcamiento del muro de hormigón ciclópeo del proyecto de 1,5 metros de altura comprendido desde la abscisa 0+250 hasta la 0+295 (Ilustración 12-1). Sobre el muro hay dos tipos diferentes de momentos y fuerzas actuantes, los estabilizantes y los desestabilizantes. Para el proyecto se ha considerado como estabilizante a las fuerzas y momentos producidos por el peso del muro y desestabilizante al empuje de tierras estático. Con relación factores de seguridad de carga para el peso propio no se minora la carga pero para el empuje de tierra se lo multiplica por un factor de 1,3.

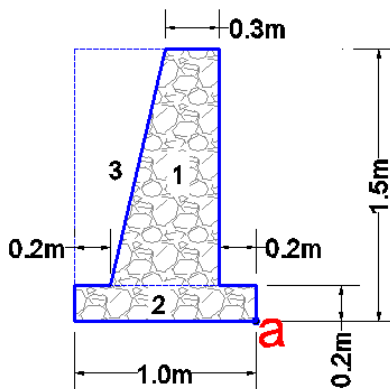


Ilustración 12-1: Medidas para análisis de estabilización del muro

La fuerza desestabilizante es equivalente al empuje activo por metro de muro (E_a) (Ecuación 12-2), el cual está en función del coeficiente de empuje activo (K_a) (Ecuación 12-1). Este coeficiente depende a su vez del valor del ángulo de fricción interna, el cual se ha adaptado un valor de 30 grados⁽⁷⁾ para el proyecto puesto que el suelo es limo (Tabla 12-1). El momento desestabilizante (M_a) se lo calcula en el punto "a"; a partir del empuje activo (Ecuación 12-3). El peso específico del suelo tipo limo del proyecto es de 1600 kg/m³ (Anexo I). Para el suelo tipo limo del proyecto se ha adaptado una densidad de 1600 kg/m³ (Anexo I).

$$K_a = \frac{1 - \sin(\phi)}{(1 + \sin(\phi))} = \frac{1 - \sin(30)}{(1 + \sin(30))} = \frac{1}{3}$$

Ecuación 12-1

$$E_a = F_s * \frac{1}{2} * \gamma * K_a * H^2 = 1,3 * \frac{1}{2} * 1600 * \frac{1}{3} * 1,5^2 = 780 \text{ kg}$$

Ecuación 12-2

$$M_a = E_a * \frac{H}{3} = 600 * \frac{1,5}{3} = 390 \text{ kg} * \text{m}$$

Ecuación 12-3

Donde: K_a : Coeficiente de empuje activo

E_a : Empuje activo del suelo, kg.

M_a : Momento desestabilizante, kg*m.

F_s : Factor de seguridad

ϕ =ángulo de fricción del suelo, grados

H : altura del muro, m.

γ =peso específico del suelo, kg/m³.

Tabla 12-1: Ángulo de fricción para distintos suelos ⁽⁷⁾

Tipo de suelo	ϕ (grados)
<i>Arena: granos redondeados</i>	
Suelta	27–30
Media	30–35
Densa	35–38
<i>Arena: granos angulares</i>	
Suelta	30–35
Media	35–40
Densa	40–45
Grava con algo de arena	34–48
Limos	26–35

La fuerza estabilizante es aquella producida por la normal del peso del muro. El factor de fricción entre el suelo y el muro μ es la tangente del ángulo de fricción (ϕ), es decir 0,6. Los momentos estabilizantes se calculan a partir del punto “a”. Las fuerzas y momentos estabilizantes se calculan en la tabla.

Tabla 12-2: Cálculo de fuerzas y momentos estabilizantes

#	Área	Densidad	Peso	μ	Fuerza estabilizante	X(a)	Momento estabilizante en “a”
	m ²	kg/m ³	kg			m	kg*m
1	0,68	2000	1350	0,6	810	0,43	348
2	0,20	2000	400	0,6	240	0,50	120
3	0,53	1600	840	0,6	504	0,81	408
TOTAL					1554		877

Para garantizar que el muro del proyecto no se vuelque y no se deslice existen dos factores de seguridad:

- Factor de seguridad al volcamiento (f_v): Es la relación entre el momento estabilizante y el desestabilizante debe ser mayor a 2 para garantizar que no haya volcamiento.

$$f_v = \frac{\text{Momento estabilizante}}{\text{Momento desestabilizante}} = \frac{877}{390} = 2,25 > 2 \dots \text{ok} \quad \text{Ecuación 12-4}$$

- Factor de seguridad al deslizamiento (f_d): Es la relación entre la fuerza estabilizante y la desestabilizante y debe ser mayor a 1,5 para que no haya deslizamiento del muro.

$$f_d = \frac{\text{Fuerza estabilizante}}{\text{Fuerza desestabilizante}} = \frac{1554}{780} = 1,99 > 1,5 \dots \text{ok} \quad \text{Ecuación 12-5}$$

Se concluye que el diseño del muro a deslizamiento y volcamiento del proyecto es válido al ser los factores de seguridad mayores a los permitidos.

Por último se comprueba que el muro resista a corte. Para esto debe cumplir la condición de la Ecuación 12-6.

$$V_u < 0,5 * \emptyset * V_c$$

Ecuación 12-6

Dónde:

V_u : Es la cortante a última resistencia, que equivale a la fuerzas desestabilizante mayorada (E_a)

V_c : Resistencia del concreto a cortante ($f'c$ 100 kg/cm²)

$$V_c = 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

\emptyset : es el factor de reducción que para cortante es 0.85

b : Largo del muro. Se ha adoptado un valor de un metro

d : Ancho del muro en el punto de aplicación de la fuerza

$$780 \text{ kg} < 0,85 * 0,5 * 0,53 * \sqrt{100} * 100 * 50$$

$$780 \text{ kg} < 11.262,5 \text{ kg} \dots \text{ok}$$

Anexo O: Cálculo de las intensidades del proyecto

Para el cálculo de las intensidades para distintos periodos de retorno se ha ubicado al proyecto en la Zona 8 (Ilustración 12-2), y se ha tomado la información de las precipitaciones máximas en 24 horas de los anuarios meteorológicos del INAHMI del año 1990 hasta el año 2010 (Ilustración 12-2).

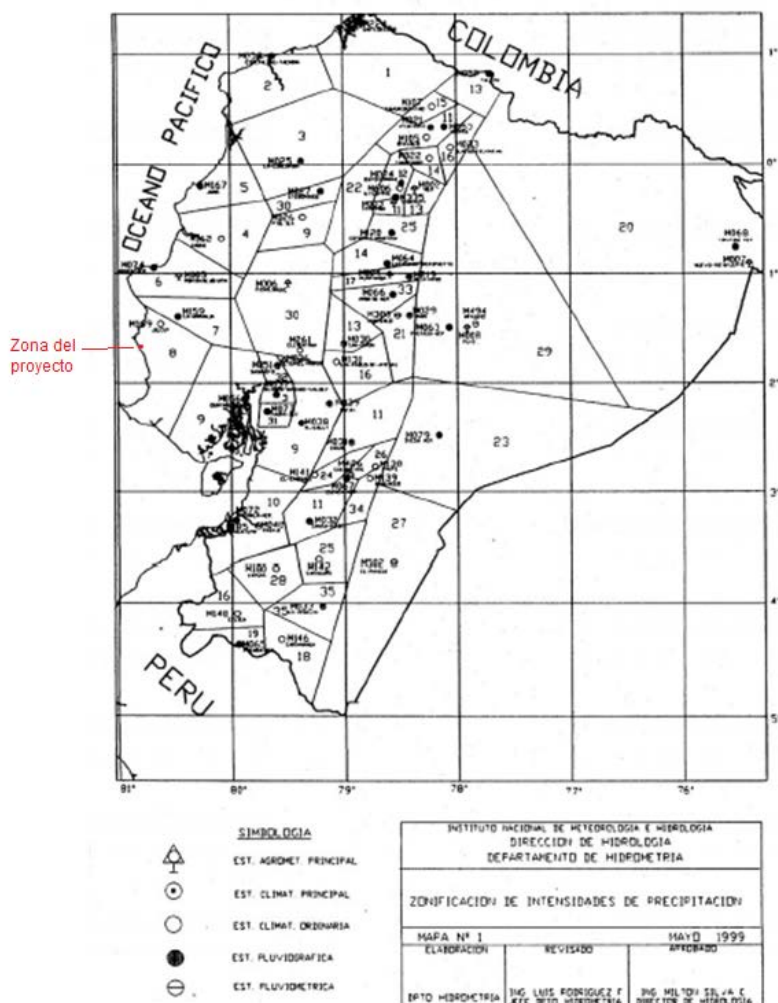


Ilustración 12-2: Mapa de zonificación de intensidades de precipitación ⁽¹⁶⁾

Tabla 12-3: ⁽¹⁶⁾ Precipitación máxima en 24 horas en la estación de Julcuy

Año	PP máx en 24 horas (mm)	Año	PP máx en 24 horas (mm)
1990	29,6	2000	41,5
1991	20,3	2001	67,9
1992	71,9	2002	61,6
1993	47,0	2003	82,7
1994	58,0	2004	43,6
1995	35,9	2005	45,5
1996	17,4	2006	155,0
1997	49,0	2007	68,4
1998	196,0	2008	32,8
1999	55,0	2009	21,7
		2010	37,4

Posteriormente se ha obtenido la frecuencia relativa acumulada por medio de la Ecuación 12-7 y se ha calculado la frecuencia teórica acumulada (Gumbel) por medio de la Ecuación 12-8. Cuyos resultados se muestran en la Tabla 12-4 y Tabla 12-5.

$$Fn(x) = \frac{n}{N + 1}$$

Ecuación 12-7

Dónde:

Fn(x) = frecuencia relativa acumulada correspondiente a la precipitación máxima en 2 horas "x".

n: Número de orden

N: Número de datos

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Ecuación 12-8

Dónde:

F(x)= Frecuencia teórica acumulada de la precipitación máxima en 24 horas "x"

$$y = \frac{x-u}{\alpha}$$

Ecuación 12-9

$$\alpha = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right) * s$$

Ecuación 12-10

$$u = \bar{x} - 0,5772 * s$$

Ecuación 12-11

\bar{x} =media aritmética

s = Desviación estándar

Una vez determinadas ambas frecuencias se utiliza el test Kolmogorov-Smirmov que parte de obtener el valor absoluto de las diferencia entre ambas frecuencias (Ecuación 12-12), con los resultados en la Tabla 12-4 y Tabla 12-5.

$$D = \text{Sup} |Fn(x) - F(x)|$$

Ecuación 12-12

Dónde:

D: diferencia entra la frecuencia relativa acumulada y la frecuencia teórica acumulada

Fn(x)= frecuencia relativa acumulada correspondiente a la precipitación máxima en 2 horas "x".

F(x)= Frecuencia teórica acumulada de la precipitación máxima en 24 horas "x".

Tabla 12-4: Cálculos para la bondad de Ajuste de Kolmogorov - Smirnov

Año	Precipitación máxima en 24h x	Frecuencia relativa acumulada Fn(x)	y	Frecuencia teórica acumulada F(x)	D |Fn(x)-F(x)|
1	17,4	0,045	-0,661	0,144	0,099
2	20,3	0,091	-0,575	0,169	0,078
3	21,7	0,136	-0,533	0,182	0,046
4	29,6	0,182	-0,298	0,260	0,078
5	32,8	0,227	-0,202	0,294	0,067
6	35,9	0,273	-0,110	0,327	0,055
7	37,4	0,318	-0,065	0,344	0,026
8	41,5	0,364	0,057	0,389	0,025
9	43,6	0,409	0,119	0,412	0,003
10	45,5	0,455	0,176	0,432	0,022
11	47	0,500	0,221	0,448	0,052
12	49	0,545	0,280	0,470	0,076
13	55	0,591	0,459	0,532	0,059
14	58	0,636	0,549	0,561	0,075
15	61,6	0,682	0,656	0,595	0,087
16	67,9	0,727	0,844	0,650	0,077
17	68,4	0,773	0,858	0,655	0,118
18	71,9	0,818	0,963	0,683	0,136
19	82,7	0,864	1,285	0,758	0,105
20	155	0,909	3,439	0,968	0,059
21	196	0,955	4,661	0,991	0,036

Tabla 12-5: Cálculos adicionales para el test Kolmogorov - Smirnov

x media	58,96
s	43,04
u	39,59
α	33,56
D max	0,136
Confiabilidad	95%
Dt	0,264

Se asume un valor de significancia y se recurre a la Tabla 12-7 de valores crítico de D para la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov y considerando el tamaño de la muestra se establece lo siguiente:

Si $D < Dt$ Se acepta H_0 (H_0 : el ajuste es adecuado)

Si $D > Dt$ Se rechaza H_0 (H_a : el ajuste no es adecuado)

Al ser Dt mayor a Dmax, se concluye que el test de bondad de ajuste es adecuado y que la precipitación obedece a la distribución de Gumbel.

Esta información será utilizada para calcular las distintas intensidades según cada periodo de retorno.

El periodo de retorno es el intervalo en años en el que se espera que se presente una sola vez la precipitación extrema que se considera en el diseño. La probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor igual o inferior a cierto número "x", está dado por la función de distribución de probabilidad "F(x)" (Ecuación 12-13) ⁽¹⁰⁾.

$$F(x) = 1 - \frac{1}{Tr}$$

Ecuación 12-13

Dónde:

F(x)= La función de distribución de la probabilidad

Tr= Tiempo de retorno

Para los datos de precipitación máxima en 24 horas se han calculado éstos para los distintos periodos de retorno por medio de la Ecuación 12-8, los cuales se muestran en la Tabla 12-6.

Tabla 12-6: Precipitaciones máximas en 24 para distintos tiempos de retorno

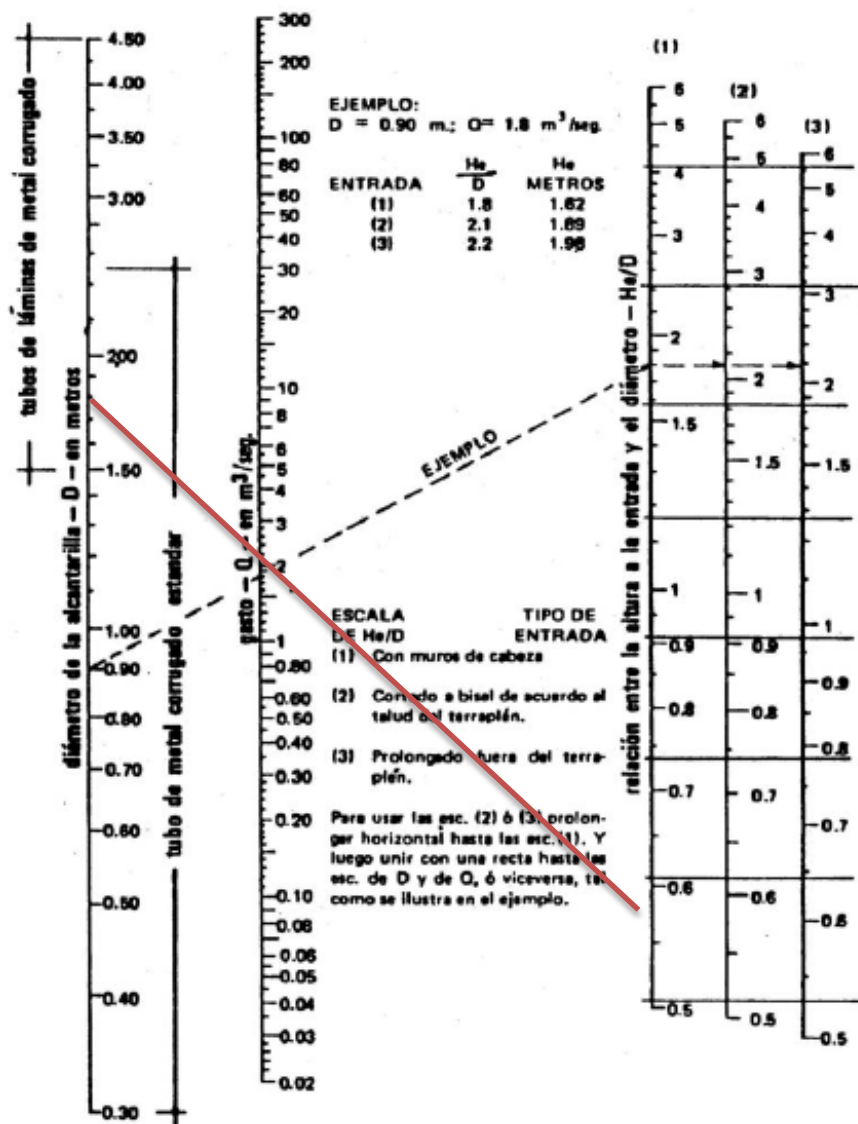
Periodo de retorno Tr	F(x) 1-1/Tr	PP max en 24 horas X [mm]	Id_{TR} [mm/h]
5	0,8	89,93	3,75
10	0,9	115,11	4,80
25	0,96	146,92	6,12
50	0,98	170,53	7,11
100	0,99	193,96	8,08

Tabla 12-7: Distribución del estadístico Kolmogorov – Smirnov. ⁽⁸⁾

Distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov (D_n).
Se tabula d tal que $P(D_n > d) = \alpha$.

n	α	n	α
1	0'900	21	0'226
2	0'684	22	0'221
3	0'565	23	0'216
4	0'493	24	0'212
5	0'447	25	0'208
6	0'410	26	0'204
7	0'381	27	0'200
8	0'358	28	0'197
9	0'339	29	0'193
10	0'323	30	0'190
11	0'308	31	0'187
12	0'296	32	0'184
13	0'285	33	0'182
14	0'275	34	0'179
15	0'266	35	0'177
16	0'258	36	0'174
17	0'250	37	0'172
18	0'244	38	0'170
19	0'237	39	0'168
20	0'232	40	0'165
		> 40	$\frac{1'07}{\sqrt{n}}$
			$\frac{1'22}{\sqrt{n}}$
			$\frac{1'36}{\sqrt{n}}$
			$\frac{1'52}{\sqrt{n}}$
			$\frac{1'63}{\sqrt{n}}$

Anexo P: Nomograma para encontrar la altura a la entrada para alcantarillas circulares de acero corrugado armado con control a la entrada ⁽²¹⁾.



**Anexo Q: Cálculo de Volúmenes de la Superficie Granular y del Mejoramiento**

Estación	Área de Superficie Granular (m2)	Área de Mejoramiento (m2)	Volumen de Superficie Granular (m3)	Volumen Acumulado de Superficie Granular (m3)	Volumen de Mejoramiento (m2)	Volumen de Mejoramiento (m2)
0+000,00	1,37	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00
0+016,31	1,37	1,38	22,34	22,34	22,51	22,51
0+020,00	1,37	1,38	5,06	27,40	5,09	27,60
0+030,00	1,37	1,38	13,70	41,10	13,80	41,40
0+040,00	1,37	1,38	13,70	54,80	13,80	55,20
0+050,00	1,37	1,38	13,70	68,50	13,80	69,00
0+060,00	1,37	1,38	13,70	82,20	13,80	82,80
0+070,00	1,37	1,38	13,70	95,90	13,80	96,60
0+080,00	1,37	1,38	13,70	109,60	13,80	110,40
0+090,00	1,37	1,38	13,70	123,30	13,80	124,20
0+100,00	1,37	1,38	13,70	137,00	13,80	138,00
101,725	1,37	1,38	2,36	139,36	2,38	140,38
0+120,00	1,37	1,38	25,04	164,40	25,22	165,60
0+140,00	1,37	1,38	27,40	191,80	27,60	193,20
0+160,00	1,88	1,78	32,37	224,17	31,52	224,72
0+180,00	1,67	1,61	35,48	259,65	33,89	258,60
0+200,00	1,37	1,38	30,35	290,00	29,87	288,47
0+220,00	1,47	1,46	28,39	318,39	28,40	316,87
237,609	1,71	1,65	27,97	346,36	27,36	344,23
0+240,00	1,72	1,65	4,10	350,46	3,95	348,18
0+250,00	1,72	1,65	17,20	367,66	16,50	364,68
0+260,00	1,72	1,7	17,20	384,86	16,75	381,43
0+270,00	1,71	1,7	17,15	402,01	17,00	398,43
0+270,37	1,71	1,7	0,63	402,64	0,62	399,05
0+280,00	1,58	1,6	15,84	418,48	15,89	414,94
0+300,00	1,55	1,51	31,30	449,78	31,10	446,04
0+316,07	1,86	1,77	27,35	477,14	26,32	472,36
0+320,00	1,86	1,77	7,32	484,45	6,96	479,32
0+330,00	1,86	1,82	18,60	503,05	17,95	497,27
0+334,35	1,86	1,77	8,10	511,15	7,82	505,09
0+340,00	1,73	1,66	10,13	521,28	9,68	514,77
0+360,00	1,37	1,42	30,93	552,21	30,77	545,54
0+380,00	1,55	1,51	29,18	581,40	29,30	574,83
0+390,62	1,67	1,61	17,10	598,49	16,57	591,40
0+400,00	1,67	1,62	15,66	614,15	15,14	606,55
0+406,66	1,67	1,62	11,11	625,27	10,78	617,33
0+420,00	1,51	1,49	21,21	646,48	20,75	638,07
0+440,00	1,64	1,64	31,49	677,97	31,29	669,36
0+448,57	1,77	1,7	14,61	692,58	14,31	683,67
0+450,00	1,77	1,75	2,53	695,11	2,46	686,14
0+460,00	1,77	1,75	17,70	712,81	17,50	703,64
0+469,45	1,77	1,7	16,73	729,54	16,30	719,94
0+480,00	1,61	1,56	17,82	747,36	17,19	737,13
0+500,00	1,37	1,38	29,77	777,13	29,38	766,51
0+520,00	1,87	1,78	32,27	809,40	31,52	798,03
0+540,00	1,67	1,61	35,38	844,78	33,89	831,91
0+560,00	1,37	1,38	30,35	875,13	29,87	861,78
0+580,00	1,40	1,4	27,70	902,83	27,80	889,58
0+599,44	1,50	1,42	28,18	931,00	27,40	916,99
0+600,00	1,51	1,48	0,85	931,85	0,82	917,80
0+610,00	1,51	1,48	15,10	946,95	14,80	932,60
0+620,00	1,51	1,48	15,10	962,05	14,80	947,40
0+620,24	1,50	1,48	0,36	962,41	0,36	947,76
0+640,00	1,40	1,4	28,65	991,06	28,45	976,21
0+660,00	1,37	1,38	27,70	1018,76	27,80	1004,01
0+680,00	1,40	1,45	27,70	1046,46	28,30	1032,31
0+700,00	1,52	1,55	29,19	1075,65	29,99	1062,30
0+701,13	1,53	1,55	1,72	1077,37	1,75	1064,05
0+710,00	1,53	1,5	13,57	1090,94	13,53	1077,58
0+720,00	1,53	1,5	15,30	1106,24	15,00	1092,58
0+730,00	1,53	1,5	15,30	1121,54	15,00	1107,58
0+740,00	1,53	1,5	15,30	1136,84	15,00	1122,58
0+741,78	1,53	1,5	2,72	1139,56	2,66	1125,24
0+760,00	1,42	1,41	26,88	1166,44	26,51	1151,76
0+780,00	1,37	1,38	27,90	1194,33	27,90	1179,65
0+800,00	1,79	1,77	31,51	1225,84	31,42	1211,07
0+820,00	1,87	1,78	36,60	1262,44	35,50	1246,57
0+840,00	1,37	1,38	32,27	1294,71	31,52	1278,09
0+860,00	1,37	1,38	27,40	1322,11	27,60	1305,69
0+880,00	1,37	1,38	27,40	1349,51	27,60	1333,29
0+895,47	1,37	1,38	21,20	1370,71	21,35	1354,64



Anexo R: Cálculo de Rubros del Proyecto

UNIVERSIDAD DE CUENCA							
CODIGO:	302-1						
RUBRO:	Desbroce, Desbosque y Limpieza					UNIDAD:	ha.
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José					REND.(U/H):	0,4
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena					K (H/U):	2,8
A:- EQUIPOS				POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
TRACTOR				285	1	77,31	216,118
MOTOSIERRA					2	1,15	6,430
SUBTOTAL EQUIPOS							222,548
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	FACTOR DE SALARIO REAL	Nº	SALARIO	COSTO	
TRACTOR CARRIL/RUEDA	0,25	1,036	2,091	1	2,416	6,755	
AYUDANTE MAQUINARIA	0,25	0,949	2,106	1	2,249	6,288	
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	0,25	0,908	2,115	2	2,171	12,139	
SUBTOTAL MANO DE OBRA							25,182
C:- HERRAMIENTAS							
HERRAMIENTAS MANUALES							
D:- MATERIALES				UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
SUBTOTAL DE MATERIALES							0,000
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE							0,00
COSTO DIRECTO							247,730
COSTO INDIRECTO					G. Generales	0,08	19,818
					Utilidades	0,08	19,818
					Imprevistos	0,03	7,432
					Impuestos	0,0241	7,105
PRECIO UNITARIO							301,903
PRECIO UNITARIO OFERTADO							301,90

UNIVERSIDAD DE CUENCA							
CODIGO:	303-2 (2)						
RUBRO:	Excavación en suelo					UNIDAD:	m3
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José					REND.(U/H):	125
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena					K (H/U):	0,01
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
TRACTOR			285	1	77,31	0,618	
CARGADORA FRONTAL			120	0,45	24,97	0,090	
VOLQUETA DE 12 M3			350	0,5	24,62	0,098	
SUBTOTAL EQUIPOS							0,807
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO	
Tractor carril/rueda	0,25	1,036	2,091	1	2,416	0,019	
Cargadora frontal	0,25	1,036	2,091	0,45	2,416	0,009	
Ayudante maquinaria	0,25	0,949	2,106	1	2,249	0,018	
Licencia TIPO E	0,25	1,575	2,032	1	3,450	0,028	
SUBTOTAL MANO DE OBRA							0,074
C:- HERRAMIENTAS	HERRAMIENTAS MANUALES						
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL DE MATERIALES							0,000
E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO		
SUBTOTAL DE TRANSPORTE							0,00
COSTO DIRECTO							0,880
COSTO INDIRECTO					G. Generales	0,08	0,070
					Utilidades	0,08	0,070
					Imprevistos	0,03	0,026
					Impuestos	0,0241	0,025
PRECIO UNITARIO							1,073
PRECIO UNITARIO OFERTADO							1,07



UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	309-2 (2)					
RUBRO:	Transporte de material de excavación			UNIDAD:	m3*km	
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José			REND.(U/H):	240	
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena			K (H/U):	0,004	
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
VOLQUETA DE 12 M3			350	1	24,62	0,103
SUBTOTAL EQUIPOS						0,103
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Licencia TIPO E	0,25	1,575	2,032	1	3,450	0,014
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0,014
C:- HERRAMIENTAS HERRAMIENTAS MANUALES						
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
SUBTOTAL DE MATERIALES						0,000
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						0,00
COSTO DIRECTO						0,117
COSTO INDIRECTO				G. Generales	0,08	0,009
				Utilidades	0,08	0,009
				Imprevistos	0,03	0,004
				Impuestos	0,0241	0,003
PRECIO UNITARIO						0,142
PRECIO UNITARIO OFERTADO						0,14

UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	307-2 (1)					
RUBRO:	Excavación y relleno para estructuras			UNIDAD:	m3	
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José			REND.(U/H):	14	
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena			K (H/U):	0,071	
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS CAT 320 B			128	0,5	46,33	1,654
COMPACTADOR MANUAL				1	2,00	0,143
SUBTOTAL EQUIPOS						1,797
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Excavadora	0,25	1,036	2,091	0,5	2,416	0,086
Operador equipo liviano	0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,155
Maestro de obra	0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,155
Peón	0,25	0,908	2,115	6	2,171	0,930
SUBTOTAL MANO DE OBRA						1,327
C:- HERRAMIENTAS HERRAMIENTAS MANUALES						
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
MATERIAL PARA RELLENO			M3	0,3500	1,200	0,420
SUBTOTAL DE MATERIALES						0,420
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						0,000
COSTO DIRECTO						3,544
COSTO INDIRECTO				G. Generales	0,08	0,284
				Utilidades	0,08	0,284
				Imprevistos	0,03	0,106
				Impuestos	0,0241	0,085
PRECIO UNITARIO						4,303
PRECIO UNITARIO OFERTADO						4,30



UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	307-3 (1)					
RUBRO:	Excavación para cunetas y encauzamientos				UNIDAD:	m3
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	7
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	0,143
A:- EQUIPOS		POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO		COSTO
SUBTOTAL EQUIPOS						
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Maestro de obra	0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,310
Peón	0,25	0,908	2,115	10	2,171	3,102
SUBTOTAL MANO DE OBRA						3,412
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES		0,05			0,171	
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
SUBTOTAL DE MATERIALES						
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						0,000
	COSTO DIRECTO					3,582
	COSTO INDIRECTO	G. Generales	0,08		0,287	
		Utilidades	0,08		0,287	
		Imprevistos	0,03		0,107	
		Impuestos	0,0241		0,103	
	PRECIO UNITARIO					4,366
	PRECIO UNITARIO OFERTADO					4,37

UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	503 (2)					
RUBRO:	Hormigón estructural de cemento Portland, Clase B f'c=210 kg/cm2				UNIDAD:	m3
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	1
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	1,000
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
HORMIGONERA			8	1	2,00	2,000
VIBRADOR DE HORMIGON				1	1,50	1,500
SUBTOTAL EQUIPOS						3,500
B:- MANO DE OBRA		OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO COSTO
MAESTRO DE OBRA		0,25	0,908	2,115	1	2,171 2,171
ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	5	2,171 10,856
AUDANTE ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	4	2,171 8,685
PEÓN		0,25	0,908	2,115	6	2,171 13,027
SUBTOTAL MANO DE OBRA						34,738
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES			0,05		1,737	
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
CEMENTO			KG	370,0000	0,125	46,250
ARENA PARA HORMIGON			M3	0,5800	4,362	2,530
RIPIO PARA HORMIGON			M3	0,9100	7,146	6,503
MADERA DE ENCOFRADO			GLOBAL	1,000	8,000	8,000
AGUA			M3	0,2500	3,00	0,750
SUBTOTAL DE MATERIALES						64,033
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
CEMENTO		KG	64,300	0,00014	370,00	3,331
ARENA PARA HORMIGON		M3	17,600	0,2250	0,58	2,297
RIPIO PARA HORMIGON		M3	17,600	0,2250	0,91	3,604
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						9,231
	COSTO DIRECTO					113,239
	COSTO INDIRECTO	G. Generales		0,08	9,059	
		Utilidades		0,08	9,059	
		Imprevistos		0,03	3,397	
		Impuestos		0,0241	2,729	
	PRECIO UNITARIO		137,483			
	PRECIO UNITARIO OFERTADO					137,48



UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	602-(2A)g					
RUBRO:	TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D= 1,2 m e= 1,5 mm				UNIDAD:	M
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	1,7
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	0,588
A:- EQUIPOS				Nº	COSTO HORARIO	COSTO
SUBTOTAL EQUIPOS						0,000
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
PEÓN	0,25	0,908	2,115	5	2,171	6,386
AUDANTE ALBAÑIL	0,25	0,908	2,115	1	2,171	1,277
MAESTRO DE OBRA	0,25	0,908	2,115	1	2,171	1,277
SUBTOTAL MANO DE OBRA						8,940
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES				0,05		0,447
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TUBERIA DE ACERO CORRUGADO D= 1,2 m e= 1.5 mm			M	1,0300	183,35	188,851
SUBTOTAL DE MATERIALES						188,851
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						0,000
		COSTO DIRECTO				198,237
		COSTO INDIRECTO		G. Generales	0,08	15,859
				Utilidades	0,08	15,859
				Imprevistos	0,03	5,947
				Impuestos	0,0241	5,685
		PRECIO UNITARIO				241,588
PRECIO UNITARIO OFERTADO				241,59		

UNIVERSIDAD DE CUENCA							
CODIGO:	401-2						
RUBRO:	Superficie de agregados no tratados				UNIDAD:	m3	
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	80	
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	0,013	
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
MOTONIVELADORA			135	1	26,91	0,336	
RODILLO VIBRATORIO LISO			107	1	25,50	0,319	
TANQUERO DE AGUA DE 6000 LTS			210	1	15,21	0,190	
SUBTOTAL EQUIPOS						0,845	
B:- MANO DE OBRA		OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
MOTINIVELADORA		0,25	1,036	2,091	1	2,416	0,030
RODILLO AUTOPROPULSADO		0,25	1,002	2,096	1	2,350	0,029
LICENCIA TIPO E		0,25	1,575	2,032	1	3,450	0,043
AYUDANTE MAQUINARIA		0,25	0,949	2,106	2	2,249	0,056
PEÓN		0,25	0,908	2,115	4	2,171	0,109
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0,268	
C:- HERRAMIENTAS							
HERRAMIENTAS MANUALES			0,1		0,027		
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
MATERIAL TRITURADO			M3	0,40	5,15	2,060	
MATERIAL CRIBADO			M3	0,55	2,50	1,375	
MATERIAL DE MEJORAMIENTO			M3	0,05	2,00	0,100	
SUBTOTAL DE MATERIALES						3,535	
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
MATERIAL TRITURADO		M3	17,6	0,225	0,40	1,58	
MATERIAL CRIBADO		M3	17,6	0,225	0,55	2,18	
MATERIAL DE MEJORAMIENTO		M3	17,6	0,225	0,05	0,20	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						3,96	
	COSTO DIRECTO					8,608	
	COSTO INDIRECTO	G. Generales		0,08		0,689	
		Utilidades		0,08		0,689	
		Imprevistos		0,03		0,258	
		Impuestos		0,0241		0,207	
	PRECIO UNITARIO					10,451	
PRECIO UNITARIO OFERTADO					10,45		



UNIVERSIDAD DE CUENCA						
CODIGO:	402-3 (1)					
RUBRO:	Estabilización de la subrasante con cal hidratada			UNIDAD:	m3	
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José			REND.(U/H):	85	
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena			K (H/U):	0,012	
A:- EQUIPOS		POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
MOTONIVELADORA		135	1	26,91	0,317	
RODILLO VIBRATORIO LISO		107	1	25,50	0,300	
TANQUERO DE AGUA DE 6000 LTS		210	1	15,21	0,179	
SUBTOTAL EQUIPOS					0,796	
B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
MOTINIVELADORA	0,25	1,036	2,091	1	2,416	0,028
RODILLO AUTOPROPULSADO	0,25	1,002	2,096	1	2,350	0,028
LICENCIA TIPO E	0,25	1,575	2,032	1	3,450	0,041
AYUDANTE MAQUINARIA	0,25	0,949	2,106	2	2,249	0,053
PEÓN	0,25	0,908	2,115	4	2,171	0,102
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,252	
C:- HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES						
D:- MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
CAL		Kg	30,0000	0,13	3,750	
SUBTOTAL DE MATERIALES					3,750	
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
CAL		Kg	64,30	0,00014	30	0,27
SUBTOTAL DE TRANSPORTE					0,27	
		COSTO DIRECTO			5,067	
		COSTO INDIRECTO		G. Generales	0,08	0,405
				Utilidades	0,08	0,405
				Imprevistos	0,03	0,152
				Impuestos	0,0241	0,122
		PRECIO UNITARIO			6,152	
		PRECIO UNITARIO OFERTADO			6.15	

UNIVERSIDAD DE CUENCA							
CODIGO:	503 (5)						
RUBRO:	Hormigón Ciclópeo				UNIDAD:	m3	
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	1,25	
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	0,800	
A:- EQUIPOS			POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
HORMIGONERA			8	1	2,00	1,600	
SUBTOTAL EQUIPOS						1,600	
B:- MANO DE OBRA		OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
MAESTRO DE OBRA		0,25	0,908	2,115	1	2,171	1,737
ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	2	2,171	3,474
AYUDANTE ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	4	2,171	6,948
PEÓN		0,25	0,908	2,115	6	2,171	10,421
SUBTOTAL MANO DE OBRA						22,580	
C:- HERRAMIENTAS							
HERRAMIENTAS MANUALES			0,03	0,745			
D:- MATERIALES			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
CEMENTO			KG	180,000	0,125	22,500	
ARENA PARA HORMIGON			M3	0,380	4,362	1,658	
RIPIO PARA HORMIGON			M3	0,500	7,146	3,573	
MADERA DE ENCOFRADO			GLOBAL	1,000	8,000	8,000	
PIEDRA			M3	0,600	4,000	2,400	
AGUA			M3	0,250	3,000	0,750	
SUBTOTAL DE MATERIALES						38,881	
E:- TRANSPORTE		UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO	
CEMENTO		KG	64,300	0,00014	180,000	1,620	
ARENA PARA HORMIGON		M3	17,600	0,2250	0,380	1,505	
RIPIO PARA HORMIGON		M3	17,600	0,2250	0,500	1,980	
PIEDRA		M3	17,600	0,2250	0,600	2,376	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE						7,481	
	COSTO DIRECTO					71,287	
	COSTO INDIRECTO	G. Generales			0,08	5,703	
		Utilidades			0,08	5,703	
		Imprevistos			0,03	2,139	
		Impuestos			0,0241	1,718	
	PRECIO UNITARIO					86,549	
	PRECIO UNITARIO OFERTADO					86,55	

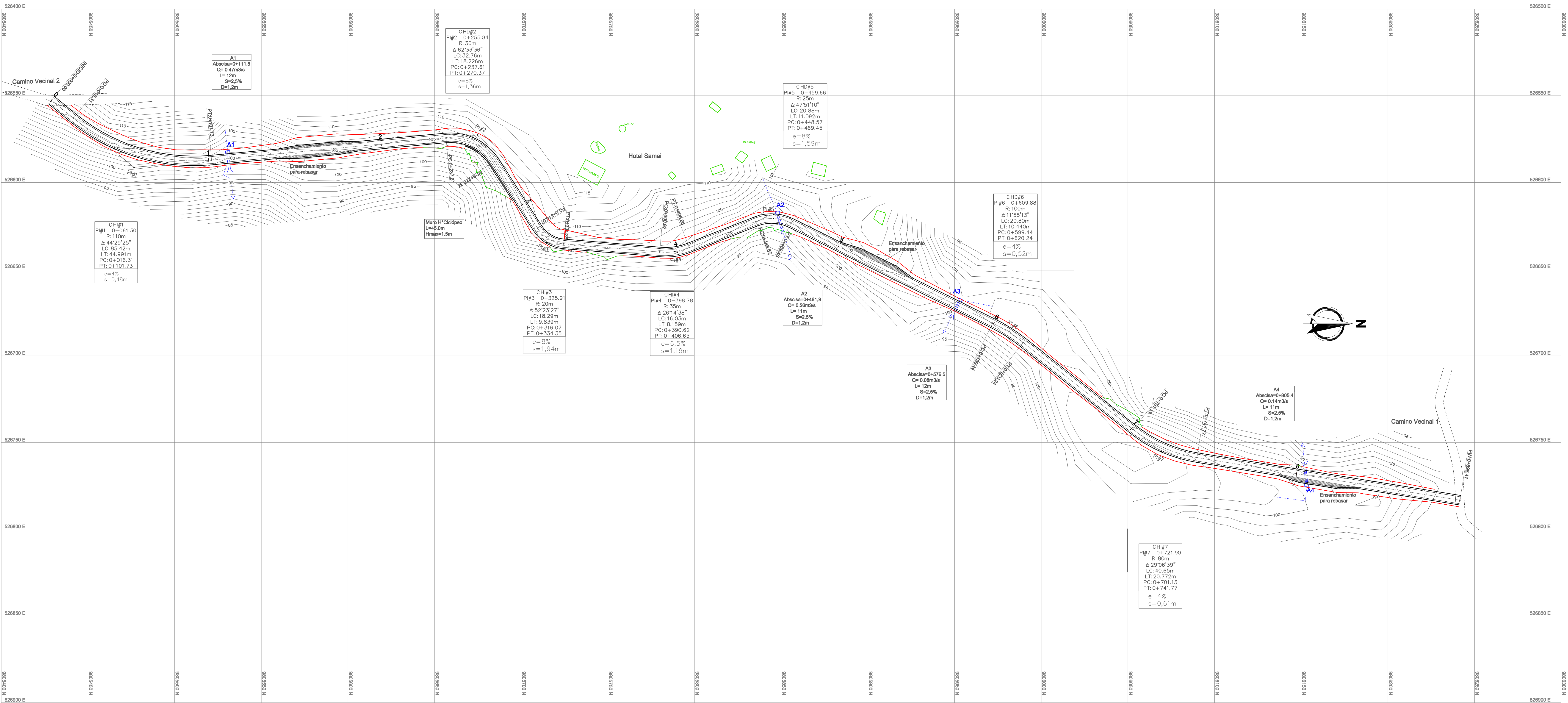



UNIVERSIDAD DE CUENCA									
CODIGO:	708-5(1)a								
RUBRO:	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (0.30 x 0.45) MTS				UNIDAD:	U			
OBRA:	Camino Vecinal: Loma de San José				REND.(U/H):	12			
UBICACIÓN:	Comuna San José, Santa Elena				K (H/U):	0,083			
A:- EQUIPOS					POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO	
APLICADOR					0	1	2,5	0,208	
MESA					0	1	1,25	0,104	
CORTADORA					0	1	2,5	0,208	
VOLQUETA DE 8 M3					210	1	15,2065	1,267	
SUBTOTAL EQUIPOS								1,788	
B:- MANO DE OBRA		OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO		
MAESTRO DE OBRA		0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,181		
ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,181		
AUDANTE ALBAÑIL		0,25	0,908	2,115	1	2,171	0,181		
SOLDADOR ACETILENO Y/O ELÉCTRICO		0,25	1,037	2,091	1	2,419	0,202		
LICENCIA TIPO E		0,25	1,575	2,032	1	3,450	0,288		
SUBTOTAL MANO DE OBRA								1,032	
C:- HERRAMIENTAS									
HERRAMIENTAS MANUALES					0,05		0,052		
D:- MATERIALES					UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
LAMINA DE TOOL GALVANIZADO (2.44 X 1,22) M; E = 1,4 mm					M2	0,135	12,30	1,661	
TUBO GALVANIZADO 2" X 6 M, (POSTES) ASTM					M	3,500	15,14	52,990	
PERNOS INOXIDABLES					UNIDAD	2,000	0,48	0,960	
SEÑAL DIAMANTE CUBO DG3 (ASTM D4956 TIPO X)					M2	0,135	50,00	6,750	
MATERIAL ELECTROCORTE (SOBRELAMINACION Y PICTOGRAMAS, LEYENDAS, NUMEROS, ETC)					M2	0,135	10,00	1,350	
VARIOS					SET	1,000	2,50	2,500	
HORMIGON CLASE B f'c = 175 kg/cm2 (plintos 0.80 x 0.30 x 0-.30) m					M3	0,070	89,35	6,255	
ANGULO 30 X 3 mm					M	1,500	1,07	1,605	
SUBTOTAL DE MATERIALES								74,070	
E:- TRANSPORTE			UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO		
SUBTOTAL DE TRANSPORTE								0,000	
					COSTO DIRECTO			76,942	
					COSTO INDIRECTO		G. Generales	0,08	6,155
							Utilidades	0,08	6,155
							Imprevistos	0,03	2,308
							Impuestos	0,0241	2,207
					PRECIO UNITARIO			93,767	
					PRECIO UNITARIO	OFERTADO	93.77		



ANEXO S: PLANOS DEL PROYECTO: PLANTA Y PERFIL

Alineamiento Horizontal





UNIVERSIDAD DE CUENCA
Fundada en 1867
Ingeniería Civil

HOJA: 1 / 2

FECHA: NOVIEMBRE 2015

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000

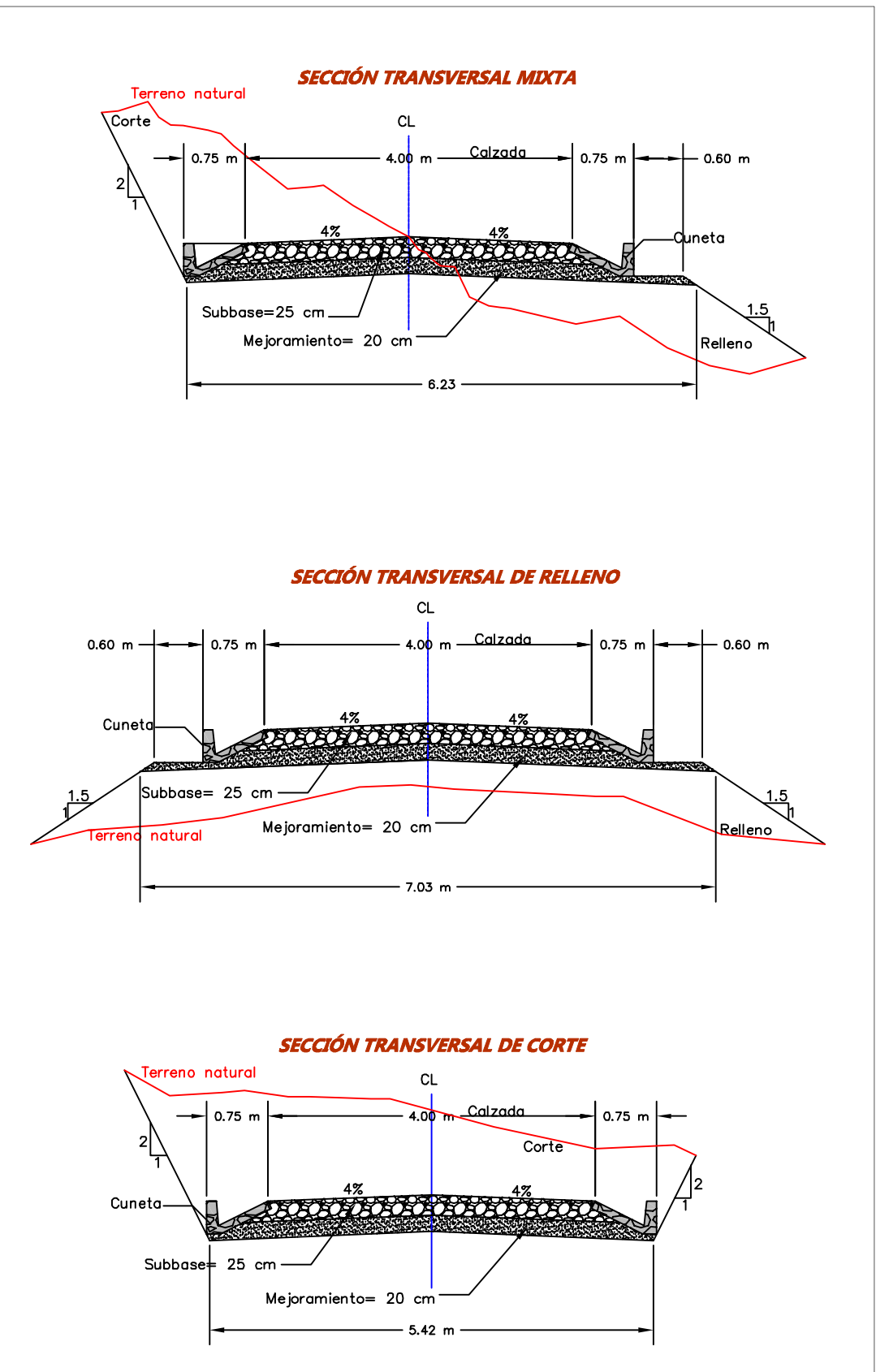
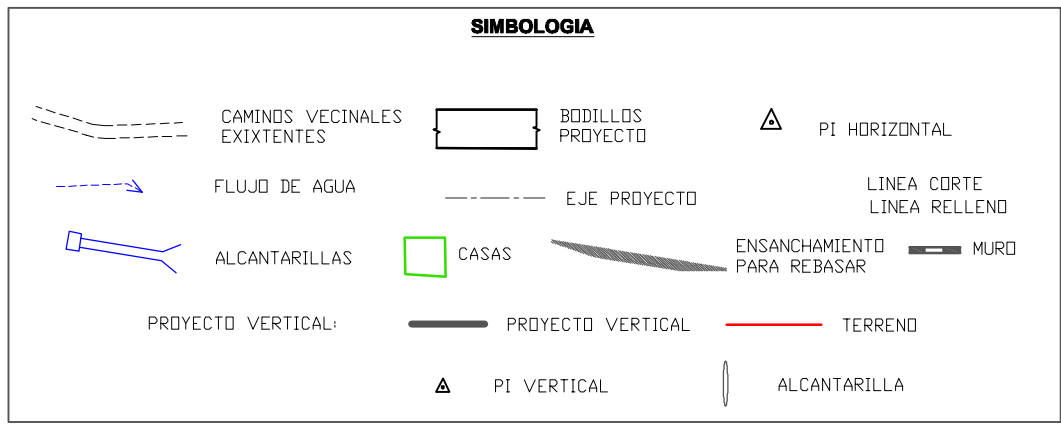
ESCALA VERTICAL: 1:100

Camino Vecinal: Loma de San José

PLANTA Y PERFIL DEL PROYECTO

REALIZADO POR: DAVID DUAN RODAS

REVISIÓN : ING. JAMIE GUZMÁN CRESPO



Alineamiento Vertical

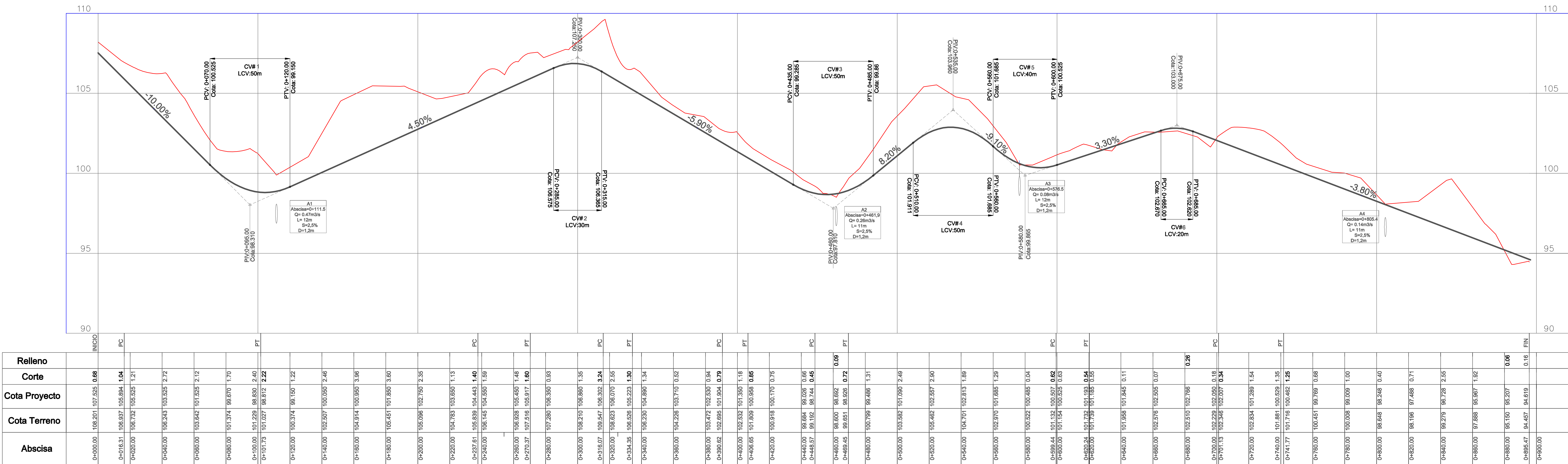


TABLA RESUMEN DE MATERIALES	
Total Volumen de Corte	15261 m3
Total Volumen de Relleno	146 m3
Total Volumen Neto	15115 m3
Total Transportación	264512,5 m³km
Total Subbase	1371 m3
Total Mejoramiento	1355 m3



ANEXO T: PLANOS DEL PROYECTO: SECCIONES TRANSVERSALES

