

UCUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNQUIL, ENTRE LAS ABSCISAS 4+251 HASTA 9+205 KM, EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería en Vialidad y Transporte

Autor:

Gustavo Andrés Wazhima Clavijo

CI: 0104627799

Correo electrónico: gustavowashi@gmail.com

Director:

PhD Eduardo Tejeda Piusseaut

CI: 0963616453

Cuenca, Ecuador

20-septiembre-2022

Resumen:

La agricultura es una de las actividades económicas principales en las zonas rurales del Ecuador. El transporte de sus productos es un factor determinante al momento de considerar el emprendimiento de varios proyectos de este tipo, dado que muchas veces, las condiciones de accesibilidad a métodos de transporte mediante vehículos motorizados son limitadas. Actualmente, la Empresa ELECAUSTRO S.A. se encuentra ejecutando el Proyecto Eólico Minas de Huascachaca, ubicado en el Cantón Saraguro en la provincia de Loja. Uno de los compromisos adquiridos por la empresa con las comunidades aledañas es contribuir con el desarrollo de estas mediante el empleo de proyectos de impulsión económica y social, entre los cuales se incluye el mejoramiento de la infraestructura vial. El sector denominado Yunquil, ubicado en la zona de influencia del proyecto, posee características favorables para el emprendimiento de proyectos del tipo agrícola, sin embargo, no cuenta con una infraestructura vial que permita el transporte de los productos por medio de vehículos motorizados, el mismo que se realiza a través de mulas, en un trayecto de longitud aproximada de 7 kilómetros. El presente estudio detalla la realización del diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimento de la vía de acceso al sector denominado Yunquil, entre las abscisas 4+251 hasta 9+205 km, en el cantón Saraguro de la provincia de Loja.

Palabras clave: Diseño geométrico de carreteras. Diseño de pavimento. Loja. Saraguro.

Abstract:

One of the main economic activities in rural areas of Ecuador is agriculture. The transportation of their products is a determining factor when considering the undertaking of several projects of this type, given that many times, the conditions of accessibility to transportation methods by means of motorized vehicles are limited. Currently, the Company ELECAUSTRO S.A. is executing the Minas de Huascachaca Wind Project, located in the Saraguro Canton in the province of Loja. One of the commitments acquired by the company, with the surrounding communities, is to contribute to their development through the use of economic and social promotion projects, among which the improvement of the road infrastructure is included. The sector called Yunquil, located in the area of influence of the project, has favorable characteristics for the undertaking of agricultural projects, however, it does not have a road infrastructure that allows the transport of products by means of motorized vehicles, the same which is carried out by means of mules, in a journey of approximately 7 kilometers in length. The present study details the realization of the geometric design and design of the pavement structure of the access road to the sector called Yunquil, between abscissas 4+251 to 9+205 km, in the Saraguro canton of the province of Loja.

Keywords: Geometric design of roads. Pavement design. Loja. Saraguro.

INDICE GENERAL

1. CAPÍTULO 1. Introducción.....	10
1.1 Antecedentes.....	10
1.2 Estado del arte.....	12
1.3 Problemática.....	15
1.4 Objetivo General.....	15
1.5 Objetivos Específicos.....	15
1.6 Alcance.....	16
2. CAPÍTULO 2. Generalidades y Estudio topográfico.....	17
2.1 Generalidades.....	17
2.1.1 Ubicación.....	17
2.2 Selección de Ruta.....	18
2.3 Levantamiento Fotogramétrico.....	20
2.3.1 Exploración Terrestre y Determinación de Levantamientos.....	21
2.3.2 Puntos de control.....	22
2.3.3 Levantamiento de ubicación de puntos de control (Elenco de coordenadas).....	24
2.3.4 Equipos utilizados para el levantamiento de puntos de control.....	28
2.3.5 Generación de Ortofoto.....	29
3. CAPÍTULO 3. Diseño geométrico.....	37
3.1 Topografía y Características Físicas de Relieve.....	37
3.2 Estudio de Tráfico.....	37
3.2.1 Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	38
3.2.2 Velocidad de Diseño.....	46
3.2.3 Sección Transversal.....	46
3.2.4 Vehículo Tipo.....	51
3.3 Alineamiento Horizontal.....	52
3.3.1 Selección de Ruta – Puntos obligados intermedios.....	52
3.3.2 Pendiente Longitudinal Máxima.....	53
3.3.3 Eje de la Vía.....	55
3.3.4 Curvas Circulares.....	56

3.3.5	Curvas de Transición	58
3.3.6	Peralte para Curvas con Radio Diferente al Mínimo.....	61
3.3.7	Tangente Intermedia Mínima	65
3.3.8	Sobreechancho	66
3.3.9	Distribución del Sobreechancho en la Longitud de Transición y en la Curva Espiral .	68
3.4	Distancias de Visibilidad	68
3.4.1	Mínima Distancia de Visibilidad de Parada (<i>Mdvp</i>)	68
3.4.2	Mínima Distancia de Visibilidad de Rebasamiento (<i>dr</i>)	69
3.5	Alineamiento Vertical.....	71
3.5.1	Longitud Mínima de Curvas Verticales	71
3.5.2	Longitud Mínima Absoluta	73
3.6	Combinación de los Alineamientos Verticales y Horizontales	73
3.6.1	Análisis del proyecto propuesto	73
4.	CAPÍTULO 4. Estudio de Suelos y Diseño de Pavimentos.....	77
4.1	Introducción	77
4.2	Período de análisis	77
4.3	Tránsito o Cargas Vehiculares.....	78
4.3.1	Cálculo de número de ejes equivalentes (ESALs).....	78
4.3.2	Tráfico promedio diario anual (TPDA).....	79
4.3.3	Porcentaje de vehículos comerciales	79
4.3.4	Factor de distribución por dirección FD.....	79
4.3.5	Factor de distribución por carril FL.....	80
4.3.6	Factor de proyección	80
4.3.7	Factor de equivalencia de carga y factor camión global	81
4.4	Características de la Subrasante.....	85
4.4.1	Excavación de calicatas	88
4.4.2	Ensayos de laboratorio.....	90
4.4.3	Análisis de resultados y determinación de CBR característico	93
4.5	Características Generales de la Zona	96
4.5.1	Clima	96

4.5.2	Información geológica y geomorfológica.....	96
4.5.3	Hidrografía y microcuencas	98
4.6	Metodología de cálculo de la estructura de Pavimento	99
4.6.1	Confiabilidad (R) y desviación Estándar Normal (ZR).....	99
4.6.2	Error Estándar (So).....	99
4.6.3	Número estructural por capa (SN).....	100
4.6.4	Módulo Resiliente (MR).....	108
4.6.5	Pérdida de Serviciabilidad.....	108
4.7	Cálculo de Espesores de las capas del pavimento	109
4.7.1	Alternativa 1	110
4.7.2	Alternativa 2	111
4.7.3	Alternativa 3	112
4.8	Rehabilitación y Mantenimiento.....	113
5.	CONCLUSIONES	114
6.	RECOMENDACIONES	115
7.	Bibliografía.....	116
8.	Anexo 1. Cálculos del Diseño Geométrico de la Carretera	
9.	Anexo 2. Ensayos de laboratorio de suelos	
10.	Anexo 3. Cálculos del Diseño de la estructura de Pavimento	
11.	Anexo 4. Láminas	

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Gustavo Andrés Wazhima Clavijo, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNQUIL, ENTRE LAS ABSCISAS 4+251 HASTA 9+205 KM, EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA”, de conformidad con el art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 20 de Septiembre de 2022.

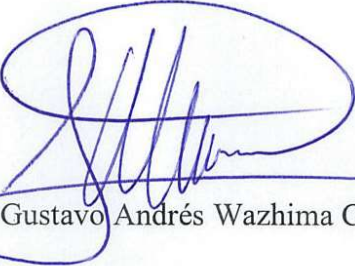


Ing. Gustavo Andrés Wazhima Clavijo
C. I. 0104627799

Cláusula de Propiedad Intelectual

Gustavo Andrés Wazhima Clavijo, autor del trabajo de titulación: “DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNQUIL, ENTRE LAS ABSCISAS 4+251 HASTA 9+205 KM, EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 20 de Septiembre de 2022.



Ing. Gustavo Andrés Wazhima Clavijo
C. I.: 0104627799

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por la vida y toda bendición que me ha dado. A mi Familia por su amor y apoyo incondicional, y por ser una luz en mi vida. A mis amigos quienes me han brindado apoyo y sincera compañía. Al director de mi tesis y demás docentes por ser excelentes guías durante la realización de este trabajo. A mi mascota Bruno por acompañarme durante las noches de trabajo.

Ing. Gustavo Wazhima Clavijo

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis Padres, por ser los principales pilares de apoyo en mi vida. A Mis hermanos por mantenerse siempre a mi lado, brindándome un amor Incondicional; de manera especial a mi hermano que está en el cielo, por haberme enseñado a vivir de mejor manera y a Reír con el alma. A mis sobrinos quienes me inspiran mucho con su existencia; ellas, como mis princesas adoradas, y ellos, como mis pequeños amados; a Todos quienes formaron parte, de una u Otra forma, en cada paso de este Nuevo logro en mi vida, A ustedes, gracias.

Ing. Gustavo Wazhima Clavijo

1. CAPÍTULO 1. Introducción

1.1 Antecedentes

La vialidad es un factor que juega un rol muy importante en el desarrollo económico de las sociedades. En general, el transporte, ya sea de personas, animales, productos, materiales, etcétera, es una de las actividades inherentes al desarrollo de una civilización. A lo largo de los años, los métodos de transporte que empleamos los humanos, ya sea mediante el uso directo de fuerzas motrices o por medio de la ayuda de tecnología, así como la infraestructura que estos métodos emplean, han sufrido muchos cambios e innovaciones, permitiendo que cada vez se logren mejores condiciones en cuanto a calidad, cantidad y accesibilidad.

Sin embargo, a pesar de que el transporte es una actividad básica para la mayoría de actividades económicas, las condiciones para su realización pueden variar mucho entre un sitio u otro. Es fácil deducir que, en zonas urbanas, existen mayores oportunidades de accesibilidad a métodos de transporte motorizados que en zonas rurales, las cuales muchas veces carecen de infraestructura o tecnología básica para realizar actividades de transporte.

En las zonas rurales del Ecuador, la agricultura representa uno de los componentes de desarrollo económico más importantes, constituyéndose como un eje principal para el crecimiento de las comunidades, cuya actividad se encuentra directamente ligada al transporte de sus productos.

El empleo de métodos de transporte motorizados está condicionado a la disponibilidad de vehículos aptos para esta actividad y la existencia de infraestructura vial adecuada. En varias comunidades, debido al difícil acceso a estos medios, el transporte de los productos agrícolas se lo realiza empleando el uso de fuerzas motrices, ya sea de personas o animales. En la mayoría de los casos, es evidente que diversos proyectos agrícolas no puedan ser implementados o debidamente

aprovechados debido a la falta de inversión económica que impulse una mejoría en las condiciones de trabajo.

La Empresa Electro Generadora del Austro, ELECAUSTRO S.A., ha ejecutado diversos proyectos de generación de energía eléctrica en la zona austral del Ecuador; actualmente ejecuta el Proyecto Eólico Minas de Huascachaca, ubicado en el cantón Saraguro en la provincia de Loja.

Uno de los sectores aledaños al proyecto, llamado Yunquil, es considerado por los moradores de las comunidades locales como una zona muy apta para la agricultura, dado que, según indican, la riqueza mineralógica de sus tierras ha demostrado producir buenos resultados en la implementación de varios proyectos de agricultura. Este sector pertenece a la parroquia San Sebastián de Yúluc, en la cual, el eje principal de la economía es la agricultura, con una participación del 82.25% de la población económicamente activa (PEA). El porcentaje restante se dedica a varias actividades económicas de menor participación, como son: ganadería, explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, construcción, comercio al por mayor y menor, transporte y almacenamiento, etc. (GAD Municipal del Cantón Saraguro, 2014 - 2019).

Se conoce que uno de los propósitos de la empresa ELECAUSTRO S.A. es proveer a la sociedad mecanismos o infraestructuras que permitan una mejoría en la calidad de vida por medio de implementación de una variedad de proyectos sociales que impulsen el desarrollo económico.

Dado que los productos cultivados en Yunquil actualmente son transportados hasta la vía carrozable por medio de mulas, en un trayecto de longitud aproximada de 7 km, se sustenta la necesidad de realizar los correspondientes estudios para la apertura de una vía que permita realizar el transporte de dichos productos mediante transporte motorizado.

Con base a lo expuesto, se suscribió el convenio N° 2021-0024 entre la Empresa Electro

Generadora del Austro Elecaastro S.A., el Gobierno Provincial de Loja, Gobiernos Autónomos Descentralizados de San Sebastián de Yúluc y Sumaypamba, y la Universidad de Cuenca, con el objeto de realizar: “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LAS VÍAS A LA CABECERA PARROQUIAL DE YÚLUC, UCHUCAY-SUMAYPAMBA-PLAYAS DE SUMAYPAMBA, VÍA A YUNQUIL Y VÍAS DE LA URBANIZACIÓN DE LOS PRECARISTAS, DEL CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA”.

1.2 Estado del arte

Dentro de todos los componentes que comprenden el proyecto integral de una carretera, se resalta la importancia del diseño geométrico de la misma, ya que en esta etapa se reúnen todas las condiciones geométricas tridimensionales de manera que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Los parámetros empleados para el diseño geométrico de una carretera se pueden clasificar en dos tipos:

- Parámetros externos o preexistentes: son aquellos relacionados con las características propias del entorno, como, por ejemplo: la topografía del terreno natural, características geológicas y geotécnicas de la zona, el volumen y distribución del tránsito actual y futuro (de ser el caso), los factores ambientales, la climatología e hidrología de la zona, la infraestructura urbanística existente, entre otros.
- Parámetros internos o propios de la vía y su diseño: son aquellos factores determinados en base al tipo de vía que se desee diseñar, como por ejemplo la velocidad de operación, secciones transversales, períodos de diseño, niveles de confiabilidad, etc. (Cárdenas Grisales, 2013)

En el Ecuador, la determinación de los estándares y lineamientos para el cálculo de dichos parámetros se establece a través de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003), en la cual se diferencian varios tipos de carreteras de acuerdo al tráfico de diseño.

Muchos de los criterios empleados en la Norma Ecuatoriana, los cuales han sido revisados y aprobados por varios consultores con cooperaciones internacionales, se basan en investigaciones previas realizadas en algunos otros países. Se recalca la influencia de la normativa estadounidense denominada: “A Policy in Geometric Design of Rural Highways” (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1965).

Por otro lado, en el Ecuador se emplean varias metodologías para el cálculo de la estructura de los pavimentos flexibles, entre las cuales están: “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993), Método del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos (1993), y otros métodos Empíricos basados en estructuras tipo.

Si bien es cierto, los problemas relacionados al diseño de carreteras son de carácter local, pudiendo ser estudiados por los organismos competentes de forma individual o en cooperación con universidades estatales u otros, el crecimiento acelerado del transporte y sus tecnologías acarrea cada vez problemas más complejos, por lo cual, se considera que estos se pueden estudiar de mejor manera mediante un programa coordinado de investigación corporativa. Basándose en estas necesidades, los directores administrativos de la AASHTO iniciaron, en 1962, un programa de investigación de carreteras nacionales empleando técnicas científicas modernas, denominado: “National Cooperative Research Highway Program (NCRHP). (National Cooperative Highway Research Program, 2003),

Hasta la actualidad, el NCRHP ha realizado importantes aportes relacionadas al diseño de carreteras, las cuales han permitido grandes avances en la materia. Concretamente, en relación al diseño geométrico de carreteras y al diseño de la estructura de pavimentos, la AASHTO cuenta con sus más recientes publicaciones: “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” (2018) y, “Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG)” (2008), respectivamente.

En relación al estudio topográfico, el avance informático y tecnológico, y la aparición de los UAV (vehículos aéreos no tripulados) en las últimas décadas, han trazado una nueva era en la metodología para la realización de levantamientos topográficos con alto grado de precisión. La generación de modelos digitales de elevación (DEM), ortomosaicos y productos cartográficos generados a través de la aerofotogrametría, son herramientas alternativas en el ordenamiento del suelo o el estudio de una determinada zona. (Guillermina S. Santecchia, Juan Manuel Span, 2020)

El modelo digital del terreno debe ser debidamente georreferenciado y mantener una precisión adecuada de acuerdo al tipo de proyecto vial; esto puede lograrse mediante el empleo de varios métodos y tipos de equipos topográficos. Desde el mes de mayo del año 2020, en el Ecuador se ha habilitado el sistema denominado NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol), el cual permite realizar correcciones de posicionamiento en tiempo real, mediante el envío de datos GNSS basados en el protocolo de HTTP a receptores móviles o estáticos a través de Internet. El desarrollo de esta nueva técnica fue llevado a cabo por la BKG (Federal Agency for Cartography and Geodesy) junto con la Universidad de Dortmund y Trimble Terrasat GmbH, y su aplicación permite alcanzar precisiones que están en el orden de los centímetros, siendo que en algunos casos más desfavorables se puede llegar a tener errores con magnitudes de orden de los decímetros.

1.3 Problemática

Actualmente, en el sector denominado Yunquil, se desarrollan varios proyectos de agricultura en los cuales se obtienen productos como: yuca, cebolla, pimiento, fréjol, maíz y frutales como naranja, mango, guayaba, etc. (GAD de la Parroquia San Sebastián de Yúluc, 2014 - 2019)

A pesar de la dificultad que representa el acceso hasta Yunquil, los moradores han buscado la forma de transportar los productos por medio de mulas en viajes que generalmente duran entre 5 a 8 horas en un trayecto de aproximadamente 7 kilómetros.

Durante el trayecto, las condiciones geomorfológicas del terreno presentan pendientes elevadas cuyos valores oscilan entre el 40%. Por otro lado, el viento es un factor importante, considerado como una de las dificultades para el ingreso que obliga a los trabajadores a disminuir el ritmo de avance por el efecto intenso y frecuente que causa en las mulas de transporte.

Por las razones mencionadas, se vuelve imperativa la necesidad de la realización de un proyecto vial que permita el transporte de los productos por medio de vehículos motorizados.

1.4 Objetivo General

Solucionar el acceso al sector denominado Yunquil, desde la vía a San Sebastián de Yúluc, desde la abscisa 4+251 km hasta la abscisa 9+205 km mediante el proyecto de una carretera, considerando el tráfico previsto y las condiciones topográficas e hidrológicas del lugar.

1.5 Objetivos Específicos

- Desarrollar los estudios básicos de suelos, topografía y tránsito, necesarios para la elaboración del proyecto vial de acceso a Yunquil desde la abscisa 4+251 km hasta la abscisa 9+205 km.
- Diseñar el trazado de una carretera para la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 4+251

km hasta la abscisa 9+205 km, teniendo en cuenta las particularidades topográficas del terreno y las condiciones hidrológicas de su emplazamiento.

- Diseñar la estructura de pavimento flexible para la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 4+251 km hasta la abscisa 9+205 km, considerando una construcción por etapas.

1.6 Alcance

Levantamiento topográfico de una franja de terreno con un ancho total de 100 metros, tomando como referencia el eje preliminar de la vía, 50 metros a cada lado del mismo, obteniéndose la información planimétrica y taquimétrica mediante el empleo de drones; diseño del proyecto geométrico horizontal y vertical considerando la topografía del terreno; estudios de suelos; diseño de la estructura de pavimento para la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 4+251 km hasta la abscisa 9+205 km.

2. CAPÍTULO 2. Generalidades y Estudio topográfico

2.1 Generalidades

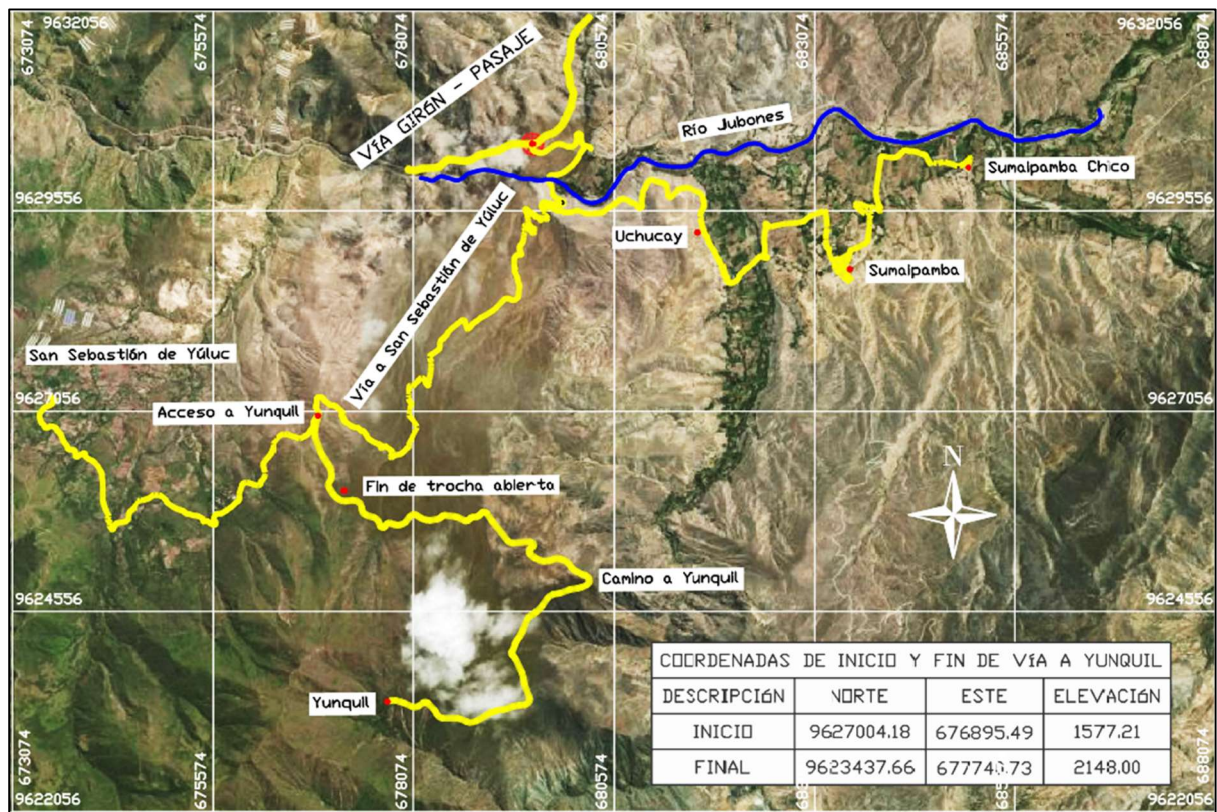
2.1.1 Ubicación

El sector denominado Yunquil se encuentra localizado hacia el sureste de la parroquia San Sebastián de Yúluc, en el cantón Saraguro perteneciente a la provincia de Loja, cuyas coordenadas UTM (Datum WGS84) se indican en la Tabla 1 y en la Ilustración 1.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de Yunquil

Punto	Coordenadas UTM – Zona 17 S Datum WGS84		Altura (m.s.n.m.)
	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	
Yunquil	678839	9624319	2148

Ilustración 1. Ubicación de la vía en estudio

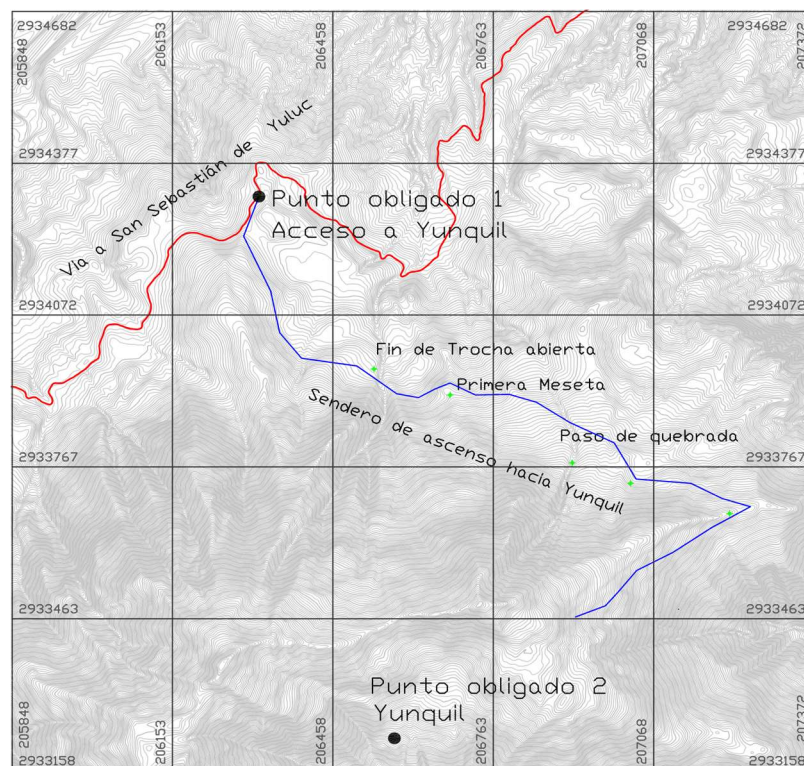


2.2 Selección de Ruta

En la actualidad, existe una trocha en dirección hacia Yunquil, que va desde la vía hacia la parroquia San Sebastián de Yúluc con una distancia aproximada de 2 kilómetros, la cual permite el acceso de ciertos vehículos motorizados. Sin embargo, el acceso a Yunquil por este medio a partir del fin de la trocha se imposibilita dado que en ese punto la cota de altura es demasiado baja con respecto a su destino, obligando a seguir trayectos con pendientes elevadas que pueden llegar aproximadamente hasta un 35% para llegar al destino propuesto. Por esa razón, ese trayecto no puede ser empleado como parte del presente proyecto.

Es importante destacar que junto al ingreso actual a Yunquil, existe una trocha abierta de una distancia aproximada de 200 metros, por lo cual los moradores han solicitado que dicho punto de ingreso sea incluido como parte del trazado del presente proyecto, ya que en esa zona se emplaza la urbanización “Los precaristas”, convirtiendo a este punto como un obligatorio para el diseño geométrico, tal como se muestra en la Ilustración 2, en donde el punto obligado 1 (Acceso a Yunquil) es el punto inicial, y el punto obligado 2 (Yunquil) es el punto final.

Ilustración 2. Puntos obligados para el diseño geométrico (punto inicial y punto final)



En la Ilustración 3 se puede visualizar el ingreso existente a la trocha ya mencionada, el cual, por las razones discutidas, se toma como punto obligado de inicio para el trazado de la vía.

Ilustración 3. Inicio de la Vía a Yunquil (0+000.00)



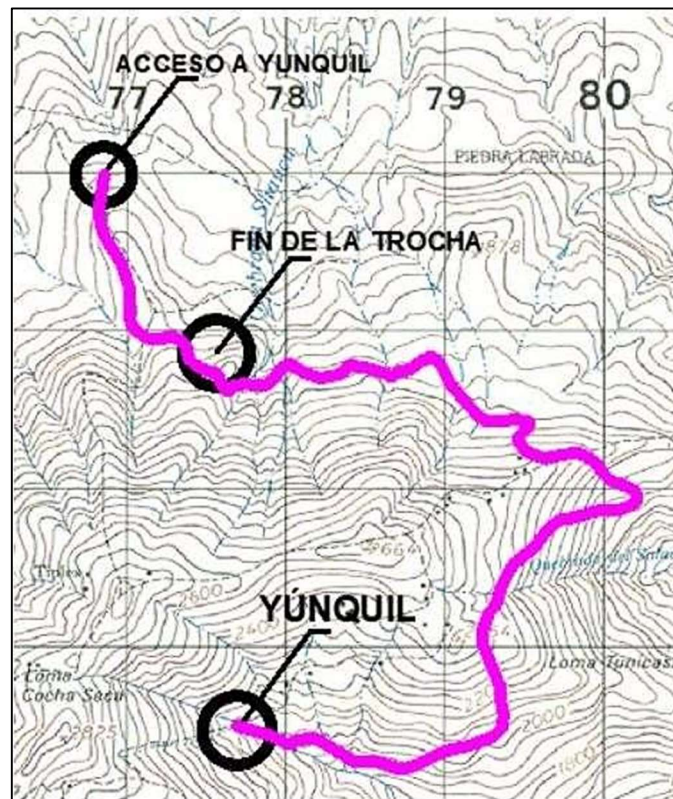
Como se indicó, la trocha existente tiene una longitud aproximada de 2 kilómetros. A una distancia de aproximadamente 1.5 kilómetros se presentan pendientes longitudinales muy pronunciadas y anchos de vía poco aptos para el ingreso por medios de transporte motorizados, como se muestra en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Existencia de pendientes longitudinales pronunciadas en trocha abierta hacia Yunquil



Dado que, por las condiciones del proyecto no existen puntos obligados intermedios a considerar, y de acuerdo a la Normativa vigente para el diseño geométrico de carreteras en el Ecuador (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003), se escogió una pendiente longitudinal promedio inferior a la máxima permitida para cualquier tipo de vía, con el objeto de realizar un trazo preliminar de la ruta y así determinar la franja de terreno sobre la cual se realizará el levantamiento topográfico. Para esto, se utilizó la cartografía existente denominada Manu IGM (Escala 1:50.000), la cual se muestra en la Ilustración 5, empleando una pendiente longitudinal promedio de 7%.

Ilustración 5. Carta geológica MANU con referencia de trazado de la vía hacia Yunquil (Instituto Geográfico Militar del Ecuador, 2021)

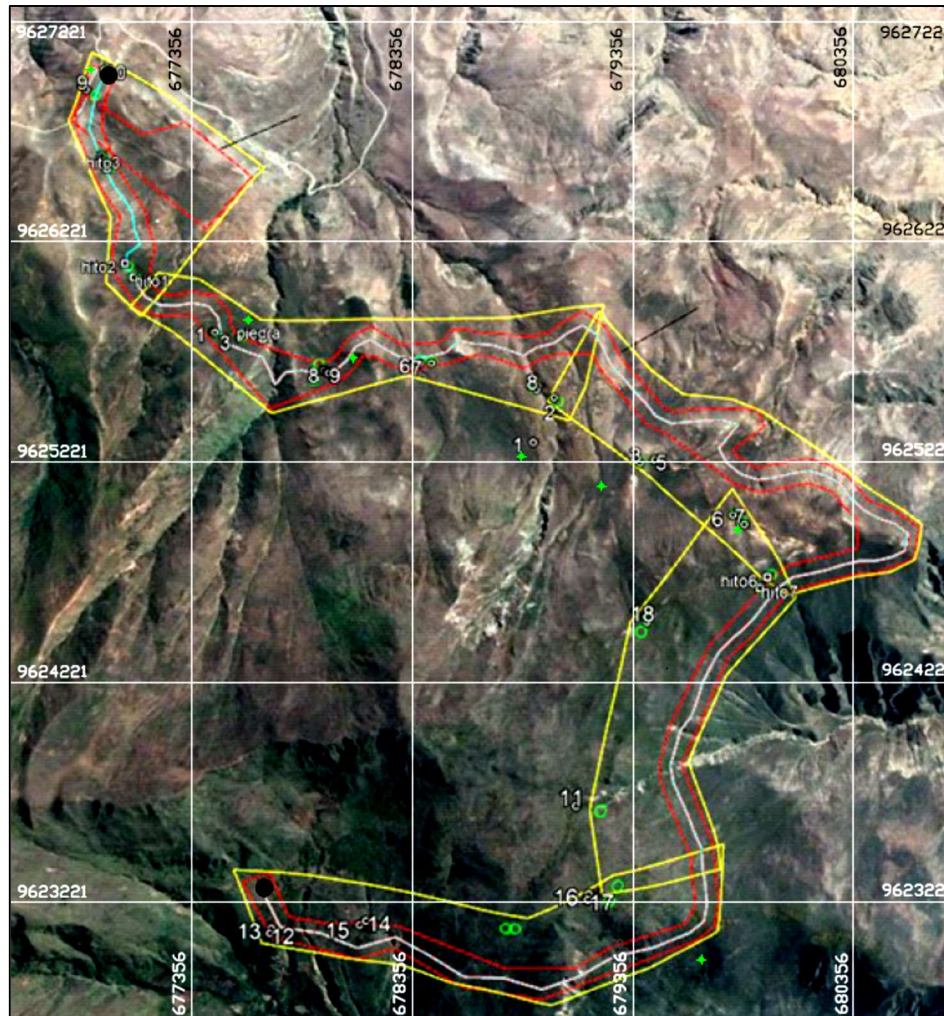


2.3 Levantamiento Fotogramétrico

En base al trazado inicial, se estableció la franja de terreno sobre la cual se realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el uso de drones, con el objeto de obtener la topografía del terreno a una escala mínima adecuada para realizar el diseño vial. Esta franja comprende un área del terreno

delimitada por un ancho de 100 metros a cada lado del eje establecido en el trazado inicial, como se muestra en la Ilustración 6.

Ilustración 6. Polígono de intervención para el estudio



2.3.1 Exploración Terrestre y Determinación de Levantamientos

Durante el proyecto se realizaron múltiples recorridos de campo entre los técnicos de ELECAUSTRO S.A., propietarios de los predios adquiridos y el maestrante. Por medio de estos recorridos se pudo verificar que la zona de emplazamiento del proyecto presenta una fisiografía muy desfavorable con pendientes pronunciadas y condiciones meteorológicas complejas, dificultando incluso una programación adecuada para la realización de los vuelos de drones. Se identificaron las zonas idóneas para la ubicación de puntos de control en terreno.

2.3.2 Puntos de control

Los puntos de control o de referencia, son aquellos que se establecerán en campo con el objeto de proveer una referencia para el levantamiento topográfico, así como para un posterior replanteo al momento de la ejecución del proyecto. La implantación de estos puntos en campo se la realizó mediante la construcción de pequeños hitos o monumentos que permitan situar de manera precisa las ubicaciones de cada uno de los puntos. Para esto, se han empleado dos tipos de hitos o monumentos: cilíndricos y en forma de bloques que contienen placas informativas, como se muestra en la Ilustración 7.

Ilustración 7. Placa informativa colocada en varios hitos o puntos de control (elementos colocados: 4)



Los hitos que contienen las placas informativas, se los puede considerar de mayor “relevancia” debido a que poseen mayores dimensiones que los cilíndricos y por la información que brindan las placas fundidas en su superficie. En el conjunto de imágenes de la Ilustración 8 se puede observar la implementación de los hitos cilíndricos y en la Ilustración 9 se muestra la construcción de los bloques que contienen las placas de información.

Ilustración 8. Hitos cilíndricos colocados en campo (elementos colocados: 26).

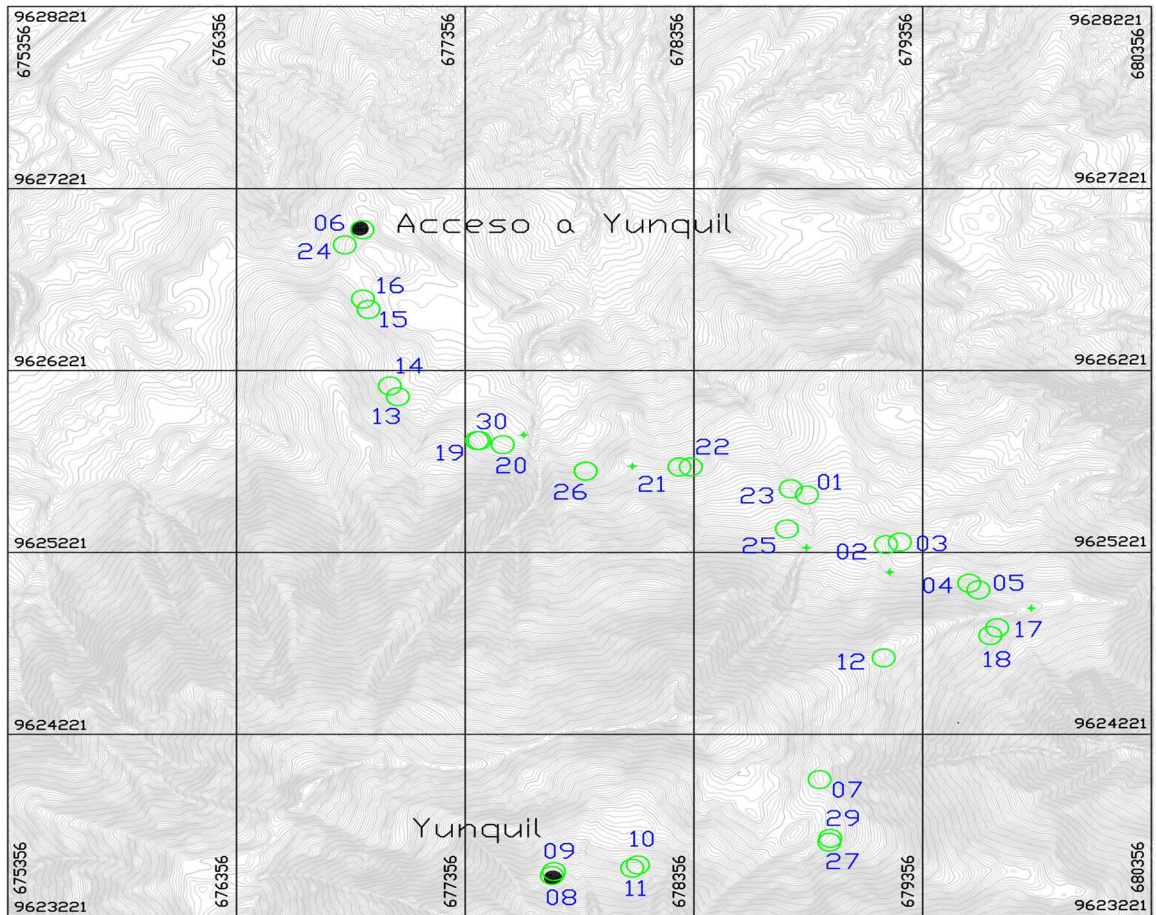


Ilustración 9. Hitos con placas informativas colocados en campo (elementos colocados: 4).



La ubicación de los puntos de control se la determinó mediante la exploración terrestre considerando zonas en las que la forma del terreno permita un fácil acceso, así como cuidando que las condiciones de visibilidad desde la altura sean óptimas. En la Ilustración 10 se muestra la ubicación de los distintos puntos de control a lo largo del trazo preliminar de la vía.

Ilustración 10. Ubicación de puntos de control



Posteriormente, se medirá la posición de estos puntos de control mediante el uso de equipos topográficos de precisión, como se indica a continuación.

2.3.3 Levantamiento de ubicación de puntos de control (Elenco de coordenadas)

La ubicación de los puntos de control se midió mediante el método de posicionamiento GNSS - RTK por NTRIP (Red de Transporte de datos en formato RTCM a través Protocolo de Internet), el cual permite obtener una corrección diferencial de la ubicación en tiempo real, a través de la Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador (REGME) que está conformada por varias estaciones distribuidas a nivel nacional, las cuales funcionan como receptoras de las distintas señales satelitales. A su vez, dichas estaciones se enlazan a un servidor NTRIP “caster” que se encarga de realizar la corrección diferencial en tiempo real de la ubicación de los puntos mediante conexión a internet.

Para nuestro caso la estación de monitoreo continuo más cercana está ubicada en el cantón de Santa Isabel, aproximadamente a unos 15 kilómetros del proyecto. La precisión obtenida mediante este método permite obtener errores que oscilan en un margen de 2 a 10 centímetros, dependiendo del tiempo de exposición y del nivel de precisión del equipo.

Tabla 2. Coordenadas de puntos de control






No.	TIPO	CÓDIGO PUNTO	Coordenadas UTM – Zona 17 S Datum WGS84		ALTURA ORTOMÉTRICA (m.s.n.m.)	ALTURA ELIPSOIDAL
			ESTE	NORTE		
01	HITO	PT01	678848.974	9625536.240	1868.980	1886.729
02	HITO	PT02	679195.196	9625264.711	1931.293	1949.065
03	HITO	PT03	679255.195	9625277.982	1914.371	1932.148
04	HITO	PT04	679558.436	9625052.683	1981.559	1999.357
05	HITO	PT05	679599.314	9625015.016	1988.953	2006.753
06	HITO	PT06	676907.099	9626994.348	1581.917	1599.528
07	HITO	PT07	678904.770	9623973.321	2323.699	2341.413
08	HITO	PT08	677734.959	9623445.282	2158.074	2175.674
09	HITO	PT09	677743.556	9623467.143	2165.360	2182.962
10	HITO	PT10	678110.480	9623503.691	2197.051	2214.685
11	HITO	PT11	678085.696	9623485.947	2188.842	2206.474
12	HITO	PT12	679185.736	9624642.411	2210.423	2228.178
13	HITO	PT13	677061.613	9626077.321	1646.615	1664.218
14	HITO	PT14	677025.944	9626136.337	1645.246	1662.847
15	HITO	PT15	676932.837	9626556.485	1607.054	1624.657
16	HITO	PT16	676908.654	9626613.252	1604.898	1622.500
17	HITO	PT17	679681.059	9624806.979	2037.720	2055.521
18	HITO	PT18	679651.253	9624764.182	2042.639	2060.437
19	HITO	PT19	677408.268	9625836.258	1693.724	1711.352
20	HITO	PT20	677520.196	9625813.614	1678.109	1695.747
21	HITO	PT21	678292.685	9625690.527	1776.174	1793.878
22	HITO	PT22	678342.338	9625690.498	1781.843	1799.551
23	HITO	PT23	678778.449	9625570.544	1850.498	1868.242
24	HITO	PT24	676829.893	9626911.316	1578.738	1596.340
25	GCP	PC01	678761.979	9625349.924	1908.552	1926.289
26	GCP	PC02	677882.771	9625668.635	1717.807	1735.474
27	GCP	PC03	678947.808	9623628.295	2345.818	2363.527
28	GCP	PC04	677882.771	9625668.635	1717.807	1735.474
29	GCP	PC05	678951.143	9623649.934	2346.624	2364.334
30	GCP	PC06	677417.798	9625835.958	1691.355	1708.984

Ilustración 11. Levantamiento de puntos de control mediante RTK



El tiempo de lectura empleado en cada punto fue de 60 segundos, y el parámetro PDOP obtenido osciló entre valores de 1.0 a 2.0. En la Ilustración 12 se muestra el formato de monografía de levantamiento de hitos empleado para el registro de los puntos de control.

Ilustración 12. Monografía de levantamiento de hitos

UCUENCA	UNIVERSIDA DE CUENCA - ELECAUSTRO		
MONOGRAFÍA DE HITOS			
PROYECTO: DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL			
HITO (PT06)			
ZONA: 17 SUR, POSICIONADO EN MODO RTK - NTRIP, POSICIONADA CON BASE A LA ESTACIÓN DE REFERENCIA DE LA RED REGME DE SANTA ISABEL			
COORDENADAS U.T.M. WGS-84	NORTE (m.)	ESTE (m.)	COTA GEOMÉTRICA (m.)
	9626994.348	676907.099	1581.917
UBICACIÓN		REGISTRO	
			
OBSERVACIÓN: Monumentado al costado izquierdo de la trocha existente			
HITO (PT24)			
ZONA: 17 SUR, POSICIONADO EN MODO RTK - NTRIP, POSICIONADA CON BASE A LA ESTACIÓN DE REFERENCIA DE LA RED REGME DE SANTA ISABEL			
COORDENADAS U.T.M. WGS-84	NORTE (m.)	ESTE (m.)	COTA GEOMÉTRICA (m.)
	9626911.316	676829.893	1578.738
UBICACIÓN		REGISTRO	
			
OBSERVACIÓN: Monumentado al costado derecho de la trocha existente			

2.3.4 Equipos utilizados para el levantamiento de puntos de control

Para el levantamiento topográfico de los puntos de control mediante el método diferencial GNSS - RTK por NTRIP se emplearon los siguientes equipos:

- Receptor Geodesic GPS-GNSS TOPCON HIPER II, cuya forma y características se muestran en la Ilustración 13.

Ilustración 13. Equipo GPS-GNSS TOPCON HIPER II y sus características



CAPACIDADES DE SEGUIMIENTO			
Número de canales	72 canales universales		
Señales seguidas	GPS GLONASS SBAS	L1 CA, L1/L2 Código-P, L2C L1/L2 CA, L1/L2 Código-P WAAS, EGNOS, MSAS	
PRECISIÓN POSICIONAMIENTO**			
Estático	L1+L2	H: 3 mm + 0.5 ppm	V: 5 mm + 0.5 ppm
	Solo L1	H: 3 mm + 0.8 ppm	V: 4 mm + 1 ppm
Cinemático	L1+L2	H: 10 mm + 1 ppm	V: 15 mm + 1 ppm
RTK	L1+L2	H: 10 mm + 1 ppm	V: 15 mm + 1 ppm
DGNSS	<0.3m		

- Equipo GPS-GNSS HI-TARGET V60, cuya forma y características se muestran en la Ilustración 14.

Ilustración 14. Equipo GPS-GNSS HI-TARGET V60 y sus características.



MEDICIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • 220 Canales • Avanzado chip Pacific Crest Maxwell 6 GNSS topográfico personalizado • Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia GNSS • Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y respuesta de alta dinámica • Muy bajo ruido en las medidas de fase de la portadora GNSS con precisión de < 1mm en un ancho de banda de 1 Hz • Relaciones de señal-ruido se señalan en dB-Hz • Probada tecnología de rastreo de baja elevación de Pacific Crest 	
Señales de satélite rastreado en simultáneo	
GPS.....	L1C/A, L2C, L2E, L5
GLONASS.....	L1C/A, L1P, L2C/A (GLONASS M sólo), L2P
SBAS.....	L1 C/A, L5
Galileo.....	L1 BOC, E5A, E5B, E5A/B/C
BDS/Compass(opcional).....	B1, B2
QZSS.....	L1 C/A, L1 SAIF, L2C, L5
FUNCIONAMIENTO DURANTE EL POSICIONAMIENTO ³	
Medición Estática y Estática Rápida GNSS	
Horizontal.....	2.5mm+0.5ppm RMS
Vertical.....	5mm+0.5ppm RMS
Medición GNSS Cinemática con Posprocesamiento(PPK / Stop & Go)	
Horizontal.....	1cm+1ppm RMS
Vertical.....	2.5cm+1ppm RMS
Tiempo de inicialización.....	típico 10 minutos para base mientras 5 minutos para móvil
Fiabilidad en la inicialización.....	típica de > 99.9%
Medición Cinemática en Tiempo Real (RTK)	
Horizontal.....	8mm+1ppm RMS
Vertical.....	15mm+1ppm RMS
Tiempo de inicialización.....	típico de < 8 segundos
Fiabilidad en la inicialización.....	típica de > 99.9%
Posicionamiento GNSS de Código Diferencial	
Horizontal.....	25cm+1ppm RMS
Vertical.....	50cm+1ppm RMS
SBAS ⁴	0.50m Horizontal, 0.85m Vertical

2.3.5 *Generación de Ortofoto*

El levantamiento topográfico del terreno se lo realizará mediante el uso de drones para la toma de fotografías que permitirán generar ortofotografías debidamente georreferenciadas y a través de las cuales se generarán las curvas de nivel que se emplearán para el diseño geométrico de la vía. Así también, por medio de estas imágenes, se pueden “digitalizar” estructuras existentes en campo como: vías, parques, edificaciones, predios (si los linderos son visibles), etc.

En base al trazado preliminar de la ruta, se estableció la franja de terreno sobre la cual se realizará la toma de imágenes con drones, considerando un ancho mínimo de 100 metros a cada margen de dicho trazado. El trabajo de levantamiento fotogramétrico comprende un área de estudio de 610 hectáreas aproximadamente, abarcando dentro del polígono de levantamiento los puntos de control implantados en campo previamente.

2.3.5.1 Metodología

Para la elaboración de la ortofotografía georreferenciada mediante imágenes levantadas con drones, se emplearon las siguientes actividades;

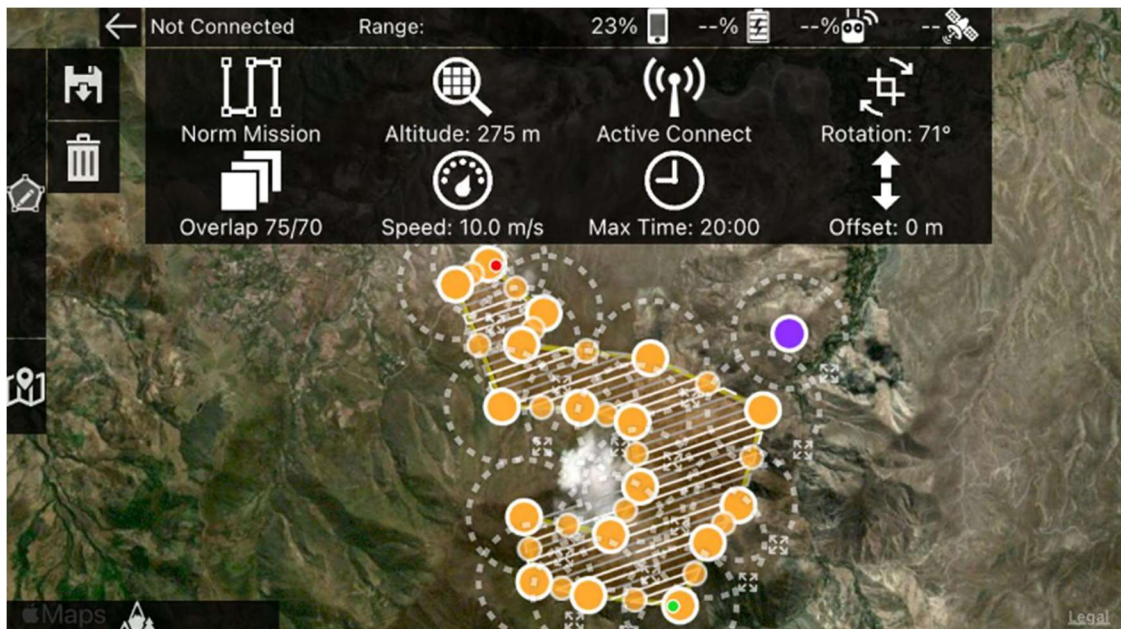
- Planificación de vuelos.
- Toma de imágenes en campo y control de calidad de las mismas.
- Identificación de puntos de control levantados previamente con equipo topográfico
- Postproceso de las imágenes, elaboración de la ortofoto y el modelo digital

2.3.5.2 Planificación de vuelos

El plan de vuelo se lo realizó empleando aplicaciones móviles de suscripción para sistema operativo “IOS” compatibles con los equipos utilizados. Estas aplicaciones permiten realizar vuelos empleando la condición denominada “Terrain Awareness” (Coincidencia de terreno), mediante la cual se establece un tamaño de pixel relativamente constante, haciendo que las líneas de vuelo mantengan una altura fija respecto a la forma del terreno. Cabe mencionar que las líneas de vuelo han sido diseñadas sin considerar el empleo de cuadrículas o líneas cruzadas, ya que dicha metodología se aplica cuando existen edificaciones de altura, con la finalidad de obtener una nube de puntos densa que permita captar puntos laterales de dichas edificaciones. En el presente caso se

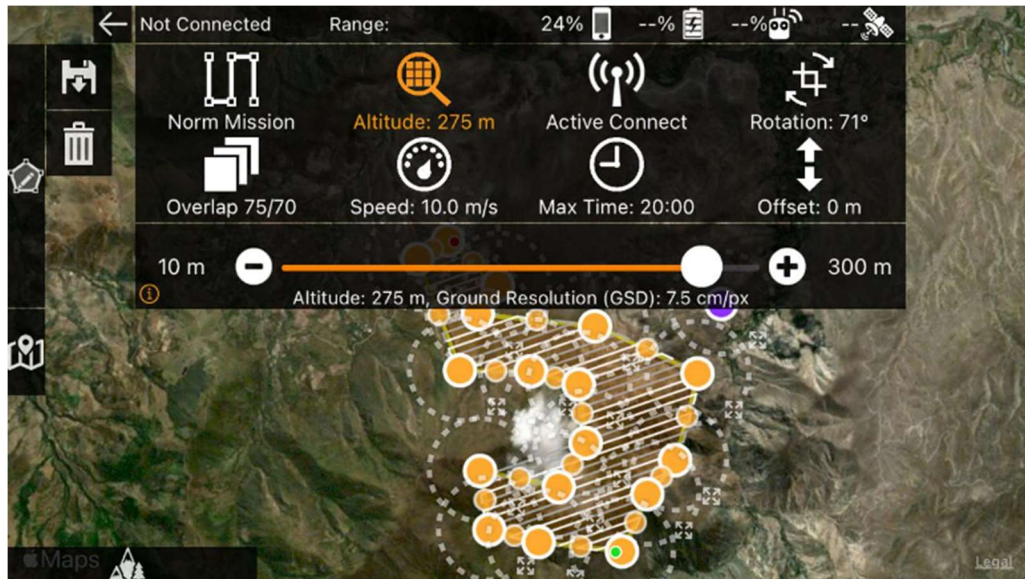
han considerado líneas de vuelo en un solo sentido, como se muestra en la Ilustración 15.

Ilustración 15. Líneas de vuelo planificadas para la toma de imágenes con dron.



Se ha determinado que, para el presente proyecto, y de acuerdo a las condiciones del terreno, se requiere un producto con escala inferior a 1:1000. Mediante el software aplicado para la planificación del vuelo, se establece que el parámetro denominado GSD (Ground sampling distance), debe ser inferior a 10 cm., por lo cual, para el equipo en uso, se determina que la altura de vuelo debe ser de 275 metros sobre el terreno. Empleando los parámetros recomendados por el software, nos recomienda considerar un traslape frontal del 75% y un traslape lateral del 70%, siendo estos valores superiores a los recomendados en la normativa del IGM para generación de ortofotos. De esta manera nos aseguramos de que cada punto del terreno sea fotografiado varias veces desde distintos ángulos, creando puntos homólogos para la obtención de la tercera dimensión, y así poder modelarlo adecuadamente. El tamaño de pixel se planificó a un máximo de 6 cm para asegurar el detalle requerido en el producto final.

Ilustración 16. Determinación de altura de vuelo mediante el Software especializado.



2.3.5.3 Toma de imágenes en campo y control de calidad de las mismas.

La toma de imágenes en campo se la realizó durante cinco días no consecutivos, distribuidos entre las fechas 07 al 21 de agosto de 2021. No se registraron precipitaciones durante la toma de imágenes, sin embargo, se presenciaron vientos fuertes que dificultaron el correcto desarrollo del vuelo, dado que los controles de los drones varias veces mostraron alertas, obteniéndose en algunos casos imágenes borrosas, obligando a repetir el proceso algunas veces.

Se obtuvo un total de 911 fotografías. Las imágenes no presentan sombras oscuras y tienen suficiente iluminación y calidad para elaborar la ortofoto, como se muestran en la Ilustración 17.

Ilustración 17. Muestra de imágenes tomadas con drones, con correcta iluminación y buena calidad.



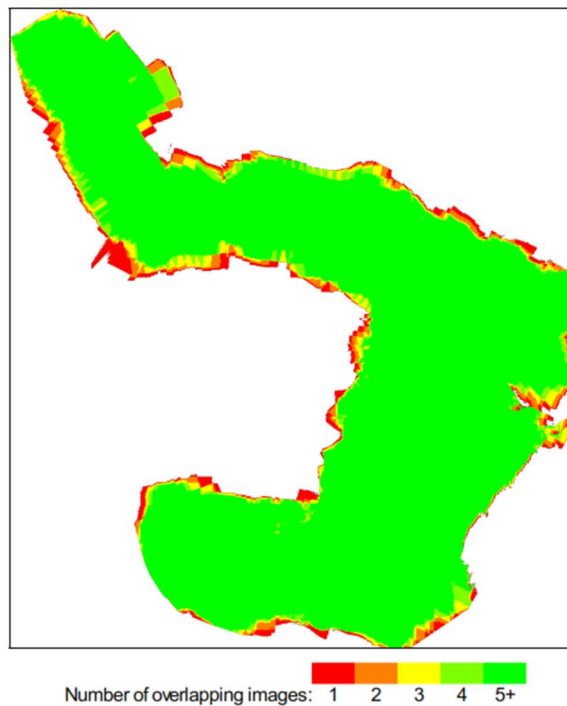
En la Tabla 3 se observa la información de los metadatos de una de las fotografías obtenidas mediante el vuelo de dron.

Tabla 3. Metadatos de una fotografía captada por el dron.

Imagen		Cámara		Fotografía avanzada	
Id. de imagen		Fabricante de cámara	DJI	Creador de objetivo	
Dimensiones	5472 x 3648	Modelo de cámara	FC6310	Modelo de objetivo	
Ancho	5472 píxeles	Punto F	f/5	Creador de flash	
Alto	3648 píxeles	Tiempo de exposición	1/320 s	Modelo de flash	
Resolución horizontal	72 ppp	Velocidad ISO	ISO-100	Número de serie de la cá...	
Resolución vertical	72 ppp	Compensación de exposición	0 paso	Contraste	Normal
Profundidad en bits	24	Distancia focal	9 mm	Brillo	
Compresión		Apertura máxima	2.97	Fuente de luz	Luz de día
Unidad de resolución	2	Modo de medición	Promedio central pon...	Programación de exposición	Normal
Representación del color	sRGB	Distancia al objeto	0 mm	Saturación	Normal
Bits comprimidos/píxel	3.26446839412126799	Modo de flash	Sin función de flash	Nitidez	Normal
		Intensidad de flash		Balance de blanco	Automático
		Longitud focal de 35 mm	24	Interpretación fotométrica	
				Zoom digital	
				Versión EXIF	0230

El software utilizado para el procesamiento de las imágenes y control de calidad de las mismas fue el denominado Pix4D, mediante el cual se realiza un proceso de alineación de todas las fotografías y se genera una nube de puntos dispersa usando un tamaño de pixel completo. En este procedimiento se evidencia si existe el suficiente traslape entre fotografías, como se muestra en la Ilustración 18.

Ilustración 18. Verificación de un correcto traslape de las imágenes mediante el Software de proceso fotogramétrico



2.3.5.4 Identificación de puntos de control levantados previamente con equipo topográfico

En este paso se analizan las imágenes tomadas con el dron y se identifican los puntos de control establecidos en campo previamente, como se muestra en la Ilustración 19.

Ilustración 19. Identificación de puntos de control en fotografías tomadas con el dron.



Estos puntos son visibles desde varios ángulos, y se distinguen en decenas de fotografías. Luego de indicar la ubicación de los elementos en cada foto, el software de foto-restitución puede mejorar la ubicación de las imágenes en el modelo, con el objeto de eliminar el error del GPS del Dron.

Por otro lado, en campo se realizó la corrección de error del levantamiento realizado mediante el equipo GNSS RTK, empleando un equipo de estación total, con el cual se midió la distancia existente entre dos puntos de control, la misma que se comparó con la distancia obtenida mediante el levantamiento fotogramétrico, obteniéndose un factor de escala de corrección igual a 1.0003066394, proporcionándonos así un mejor ajuste en valores X, Y y Z, aportando precisión al modelo final. Los puntos no usados en el proceso de la elaboración del modelo tridimensional, son usados como puntos de control para verificar la calidad del mismo.

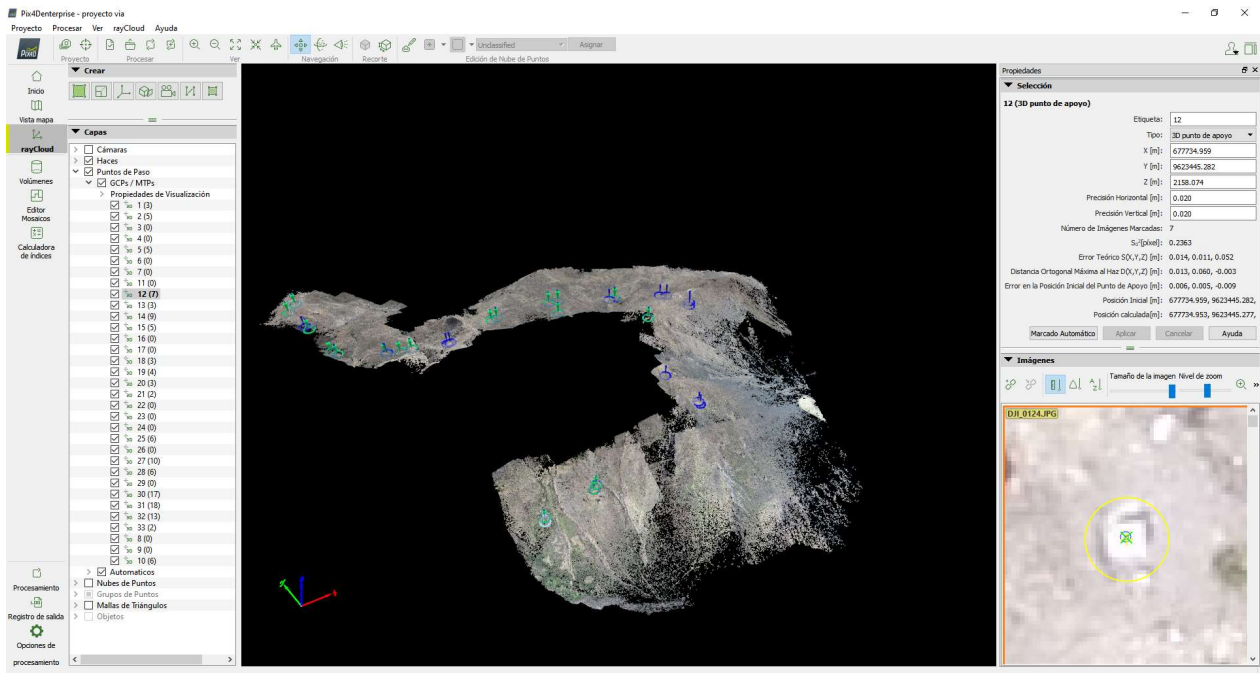
2.3.5.5 Postproceso de las imágenes, elaboración de la ortofoto y el modelo digital de terreno (MDT)

Finalmente se obtiene una nube de puntos densa con información que puede resultar útil o no útil para la modelación del terreno. Los grupos de puntos generados se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Ruido (puntos identificados como descartables para el modelamiento)
- Suelo
- Vegetación baja
- Vegetación alta
- Edificaciones

La nube de puntos permite generar un Modelo Digital de Superficie (MDS), como se muestra en la Ilustración 20.

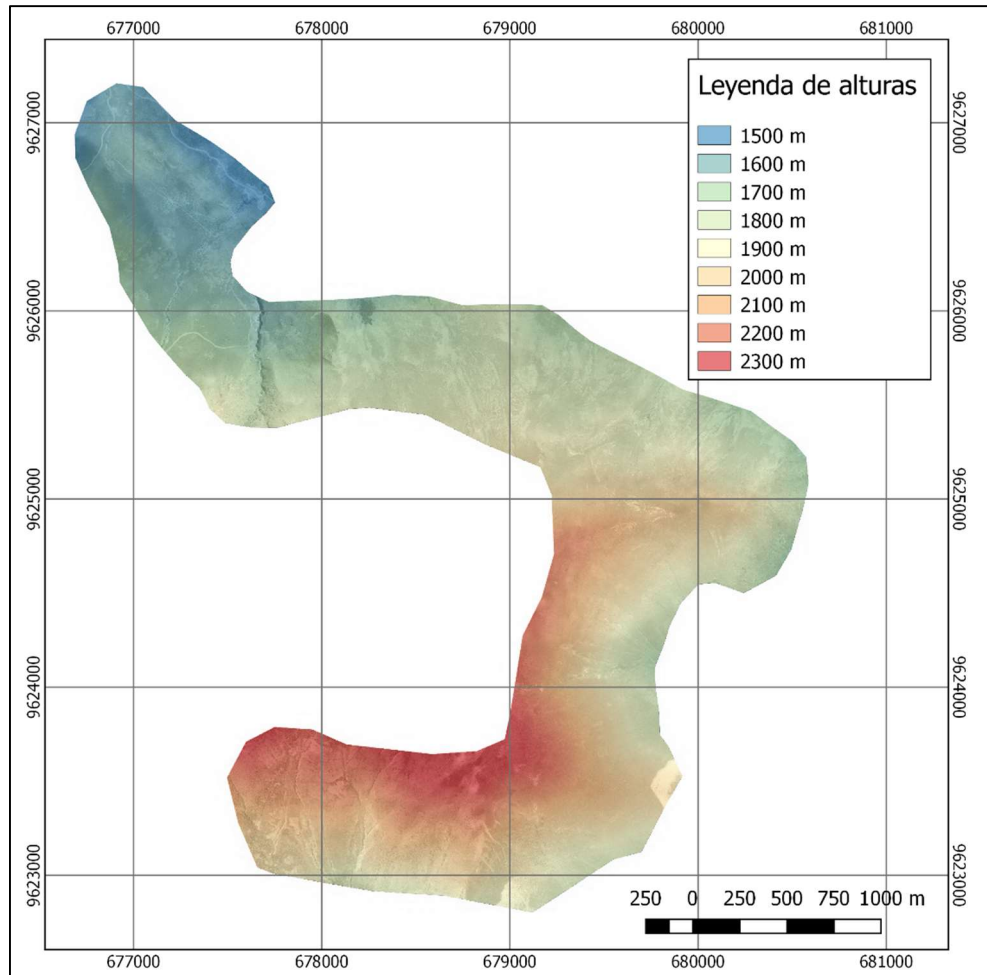
Ilustración 20. Generación de nube de puntos, mediante el Software Pix4D



El programa permite eliminar la información no deseada por medio de análisis de dispersión de datos, empleando además cierto criterio técnico para considerar los datos que serán útiles o no útiles para la modelación del terreno.

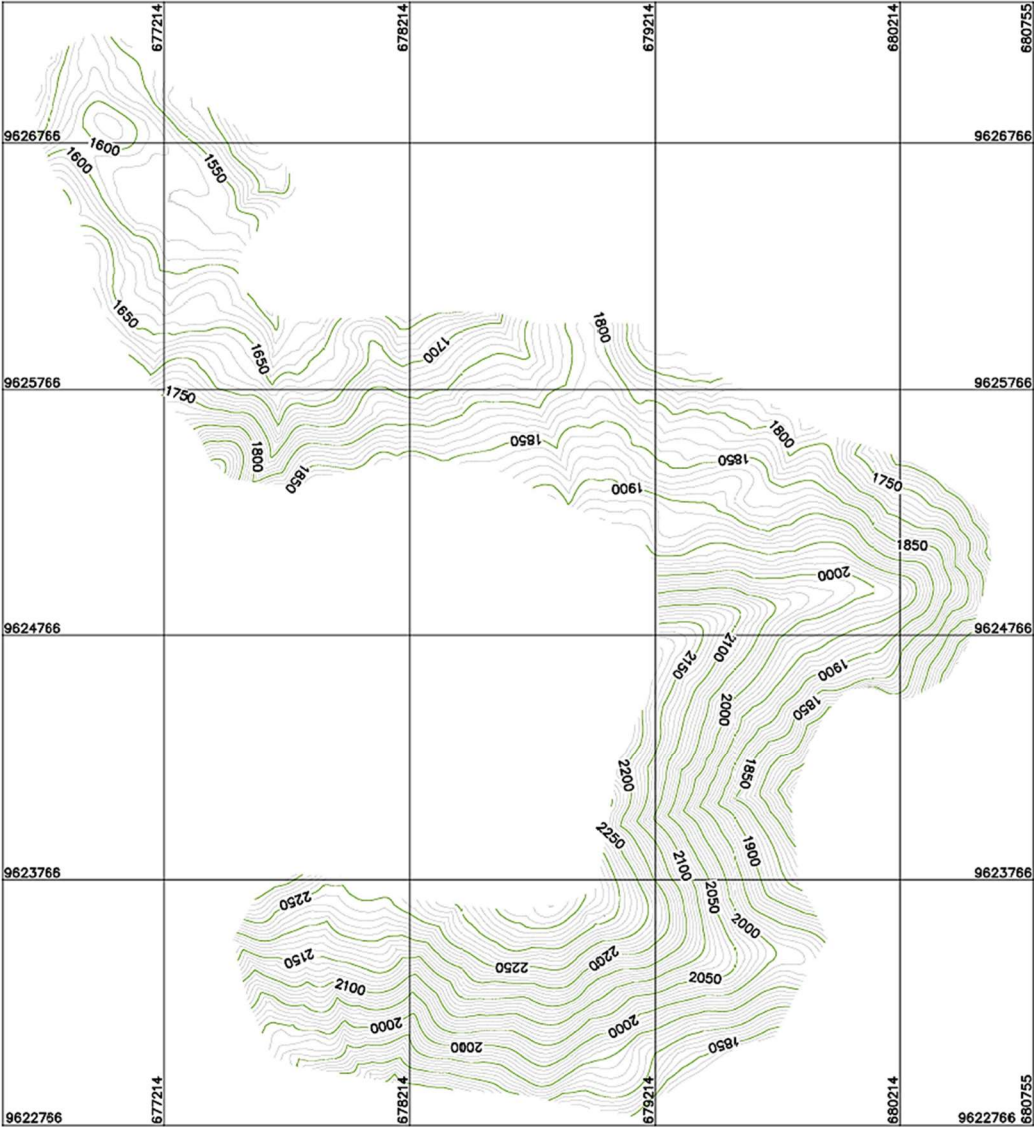
A partir de la clasificación de puntos indicada anteriormente, se depura la información contenida en el MDS y se obtiene un Modelo Digital del Terreno (MDT), el cual representa solamente la categoría “suelo”, como se muestra en la Ilustración 21.

Ilustración 21. Modelo digital de terreno (MDT) generado en el procesamiento de las fotografías obtenidas con el dron.



Finalmente, luego del proceso de generación del MDT, se obtienen las curvas de nivel del terreno, las cuales se emplearán para la realización del diseño geométrico de la vía, como se muestra en la Ilustración 22.

Ilustración 22. Curvas de nivel obtenidas a partir del modelo digital del terreno.



3. CAPÍTULO 3. Diseño geométrico

A continuación, se detalla el procedimiento para la realización del Diseño geométrico de la carretera, tanto para el proyecto horizontal como el vertical. En el anexo 1 se presentan los resultados de los cálculos.

3.1 Topografía y Características Físicas de Relieve

La topografía del terreno es un factor de considerable importancia en el diseño geométrico de carreteras, dado que se encuentra directamente relacionada con el establecimiento de parámetros básicos, como la velocidad de diseño. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

Al analizar la topografía del terreno, se verifica que la pendiente del terreno es sumamente pronunciada, llegando en algunos casos hasta el 42 %, por lo cual este se clasifica como Montañoso, de acuerdo con la clasificación del terreno según la topografía (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación del terreno por la topografía (NEVI-12)

Categoría	Pendiente Transversal	Movimiento de Tierra	Gradiente longitudinal
Terreno Plano	$PT \leq 5\%$	Mínimo movimiento de tierras	Menor al 3%
Terreno Ondulado	$5\% \leq PT \leq 12\%$	Moderado movimiento de tierras	Del 3% al 6%
Terreno Montañoso	$12\% \leq PT \leq 40\%$	Grandes movimientos de tierras	Del 6% al 8% son comunes
Terreno Escarpado	$PT \geq 40\%$	Máximo movimiento de tierras	Mayor al 8%

3.2 Estudio de Tráfico

Para la caracterización de los parámetros iniciales de la carretera, según la metodología empleada para el diseño geométrico, se utiliza el parámetro denominado “TPDA” (Tráfico promedio Diario Anual), que es igual al promedio de vehículos que circulan en la carretera diariamente, considerando los datos recolectados durante un período de un año.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas indica que cuando se diseña una carretera nueva se debe considerar como tráfico inicial aquel conformado por el tráfico desviado y, casualmente, por el inicial que ocasionaría el desarrollo del área de influencia de la vía. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003).

En el presente proyecto, para la determinación del tráfico de diseño, al tratarse de una vía nueva, se ha considerado como tráfico inicial (desviado) aquel que circula en la vía de ingreso (ABS. 0+000), es decir, en aquella que conduce hacia la parroquia San Sebastián de Yúluc. Esta consideración nos permite mantener un rango de seguridad en el volumen de diseño, puesto que, a pesar de ser un volumen de tráfico relativamente pequeño, como se expondrá posteriormente, la vía proyectada hacia Yunquil conecta con muy pocas viviendas a lo largo de su trayectoria.

Adicionalmente, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras indica que se debe considerar un tráfico generado, estableciéndose como límite máximo un incremento del 20% en el primer año de operación del proyecto.

3.2.1 Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Debido a la disponibilidad limitada de recursos, así como por cuestiones de plazos, muchas veces no es posible realizar un conteo vehicular durante un lapso de un año. Por consiguiente, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, mediante el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, propone una metodología para estimar el TPDA a partir de datos de conteo vehicular en períodos de tiempo menores a un año.

Esta metodología considera que la variación producida en el comportamiento del tráfico vehicular a lo largo del período de un año se mantiene para el resto de los años, es decir, a pesar de que el volumen de tráfico tiende a crecer, los porcentajes de variación se mantienen según la época del año en el cual este sea analizado. En base a esto, se propone el uso de factores: horario, diario, semanal o mensual, según corresponda, los cuales permiten estimar el valor del TPDA a partir de conteos vehiculares realizados en períodos menores a un año, empleando la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM$$

Ecuación 1

En donde:

- T_o = Tráfico observado
- FH = Factor horario: se emplea para convertir el volumen de tráfico registrado en un número determinado de horas, a Volumen Diario Promedio.
- FD = Factor diario: se emplea para convertir el volumen diario promedio a volumen semanal promedio.
- FS = Factor semanal: permite convertir el volumen semanal promedio a volumen mensual promedio.
- FM = Factor mensual: permite convertir el volumen mensual promedio a tráfico promedio diario anual (TPDA).

Dado que se tiene la información sobre el tráfico promedio diario semanal (TPDS), solamente se tendrá que aplicar los factores semanal y mensual para la obtención del TPDA.











3.2.1.1 Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Para el presente estudio, como se indicó anteriormente, se dispone de los datos de un conteo vehicular realizado en la vía a San Sebastián de Yúluc durante un período de una semana, del 12 al 18 de Julio de 2021, en el horario de 00:00 hasta las 24:00, mediante el uso de cámaras de video. Al conteo realizado durante el período de una semana se lo denomina Tráfico Observado (T_o), a partir del cual se obtiene el Tráfico Promedio Diario Semanal – TPDS, empleando la siguiente ecuación:

$$TPDS = T_o / 7$$

La Normativa del MTOP 2003 establece varios tipos de vehículos estándar y su peso máximo por eje, cuyos tipos más comunes se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Tipos de vehículos motorizados, pesos y dimensiones (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3-A			27	12,20	2,60	4,10		
4-C			31	12,20	2,60	4,10		

De acuerdo con el conteo realizado se determinó la cantidad y los distintos tipos de vehículos que circulan actualmente en la vía a San Sebastián de Yúluc, entre los cuales se contabilizaron vehículos livianos, camiones de dos, tres y cuatro ejes.

Puesto que en la normativa se diferencian dos tipos de camiones de dos ejes: medianos y grandes, se ha realizado la siguiente consideración para la distribución del tráfico contabilizado:

- Camiones de dos ejes: se distribuirá el total de este tipo de camiones de la siguiente manera: 50% se clasifican como el modelo 2DA (camión de dos ejes mediano) y el otro 50% como el modelo 2DB (camión de 2 ejes grande)
- Camiones de tres ejes se clasifican como el modelo 3A
- Camiones de cuatro ejes se clasifican como el modelo 4C.

En base al conteo se ha obtenido un TPDS (Tráfico Promedio Diario Semanal) actual de 110 vehículos, cuya distribución se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. TPDS al año 2021

AÑO	% LIVIANOS	% CAMIONES				TPDS
		2DA	2DB	3A	4C	
2021	84.16%	7.35%	7.35%	0.83%	0.33%	87

3.2.1.2 Factor Semanal (Fs)

Para determinar este factor se considera el número de días que contiene cada mes, asignando el valor de 1 (uno) al mes de febrero de manera que el resto de los meses tendrán un valor proporcional de acuerdo al número de días con respecto a febrero. En la Tabla 7 se expone el cálculo del factor semanal, siendo que para el presente caso se utilizará el correspondiente al mes de Julio.

Tabla 7. Factor semanal Fs

Mes	No. Días	Fs
Enero	31	1.107
Febrero	28	1
Marzo	31	1.107
Abril	30	1.071
Mayo	31	1.107
Junio	30	1.071
Julio	31	1.107
Agosto	31	1.107
Septiembre	30	1.071
Octubre	31	1.107
Noviembre	30	1.071
Diciembre	31	1.107

3.2.1.3 Factor Mensual (Fm)

Este factor determina, a partir de los datos correspondientes al año más cercano a la fecha de conteo, el consumo de combustible en la provincia en la cual se desarrolla el estudio. Se calcula dividiendo el promedio de consumo mensual de todo el año para el consumo de cada mes. Para el presente estudio se dispone de la información del consumo de combustibles correspondiente al año 2019, proporcionada por Petrocomercial, según se expone en la Tabla 8.

Tabla 8. Consumo De Combustible (Petroecuador, 2019)

Meses	Diesel 2	Diesel Premium	Súper	Extra	Ecopais	Total
Enero	54081.00	1827421.00	225156.00	1050995.00	1167285.00	4324938.00
Febrero	53740.00	1674170.00	221169.00	990126.00	1072134.00	4011339.00
Marzo	56629.00	1773927.00	254614.00	1105979.00	1171525.00	4362674.00
Abril	55676.00	1807167.00	248107.00	1074169.00	1159266.00	4344385.00
Mayo	54448.00	1906812.00	248057.00	1109729.00	1226096.00	4545142.00
Junio	54938.00	1828269.00	215085.00	1053701.00	1165245.00	4317238.00
Julio	57833.00	1992918.00	215232.00	1114724.00	1247014.00	4627721.00
Agosto	55738.00	2023077.00	236217.00	1130949.00	1285283.00	4731264.00
Septiembre	56093.00	1920412.00	198499.00	1058770.00	1188604.00	4422378.00
Octubre	44836.00	1752819.00	193837.00	967581.00	1142663.00	4101736.00
Noviembre	57926.00	1950317.00	215275.00	1075563.00	1200297.00	4499378.00
Diciembre	61002.00	2009442.00	236738.00	1167443.00	1322673.00	4797298.00
TOTAL	662940.00	22466751.00	2707986.00	12899729.00	14348085.00	53085491.00
Consumo Promedio Mensual 2019						4423790.92
Consumo Mes de Julio						4627721.00
FM						0.956

Se obtiene un valor de factor mensual $Fm = 0.956$

3.2.1.4 Cálculo del TPDA

Reemplazando los valores respectivos en la $TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM$ Ecuación 1, se obtiene el TPDA para el año 2021 de la vía a la parroquia San Sebastián de Yúluc, el mismo que se utilizará como tráfico de diseño para el presente proyecto. Se realizó la distribución de los diferentes tipos de vehículos de acuerdo a los porcentajes determinados en el conteo vehicular. Los resultados se presentan en la Tabla 9:

Tabla 9. TPDA al año 2021

AÑO	CANT. LIVIANOS	CANT. CAMIONES				TPDA
		2DA	2DB	3A	4C	
2021	93	9	9	1	1	110

3.2.1.5 Estimación de Factor y Tasa de Crecimiento

Considerando un período de dos años posteriores a la obtención de los estudios definitivos, se estima el año 2023 como el inicial para la construcción de la vía, por lo cual se realiza una proyección del TPDA inicial en ese año. Como se indicó anteriormente, se considerará un incremento del 20% debido al tráfico generado por la construcción de la vía debido al aumento que tendrán las actividades comerciales y agrícolas en la zona.

En el presente estudio es necesario proyectar el tráfico a tres períodos específicos:

- Año 2023 considerado como el año inicial de construcción de la vía
- Año 2033 y 2043 son los lapsos finales para la primera y segunda etapa del diseño de pavimentos, respectivamente. (Ver Capítulo 4, Estudio de suelos y diseño de pavimentos).

La proyección del TPDA se la realiza empleando la fórmula recomendada por la AASHTO 1993:

$$TPDA_n = TPDA_o * (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde:

- $TPDA_o$ = Tráfico promedio diario anual inicial
- $TPDA_n$ = Tráfico promedio diario anual en el año "n"
- r = Tasa de crecimiento vehicular, de acuerdo al tipo de vehículo.
- n = Período de diseño

Para el presente estudio se han asumido las tasas de crecimiento por tipo de vehículo empleadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en un informe de viabilidad para la construcción de una carretera en la provincia de Loja en el año 2014, los cuales se exponen en la Tabla 10.

Tabla 10. Tasas de crecimiento vehicular recomendadas - MTOP

Periodo	Tasa de crecimiento vehicular		
	Liviano	Bus	Camión
2010 - 2015	4,47	2,22	2,18
2016 - 2020	3,97	1,97	1,94
2021 - 2025	3,57	1,78	1,74
2026 - 2030	3,25	1,62	1,58

A partir de las tasas de crecimiento recomendadas, se realizó una interpolación para así obtener las tasas de crecimiento a adoptar en los períodos de diseño antes descritos, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Proyección de la tasa de crecimiento

Proyección de la tasa de crecimiento		
Año	Tasa crecimiento	
	Livianos	Camiones
2021 - 2025	3.57%	1.74%
2026 - 2030	3.25%	1.58%
2031 - 2035	3.05%	1.47%
2036 - 2040	2.91%	1.39%
2041 - 2045	2.86%	1.35%

3.2.1.6 Proyección del Tráfico

En la Tabla 12 se muestra el tráfico inicial proyectado para los distintos períodos antes mencionados:

Tabla 12. Configuración del tráfico de diseño

AÑO	LIVIANOS	CAMIONES				TPDA
		2DA	2DB	3A	4C	
2021	93	9	9	1	1	110
2023	100	9	9	1	1	120
2033	133	11	11	1	1	157
2043	173	12	12	1	1	199

Por lo tanto, de acuerdo con la clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado establecido por la normativa del Ministerio de transporte y obras públicas, del año 2003, la vía objeto del presente estudio se clasifica como una carretera tipo IV, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

Clasificación de Carreteras en función del Tráfico Proyectado	
Clase de Carretera	Trafico proyectado TPDA*
R - I o R - II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

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

3.2.2 Velocidad de Diseño

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden transitar de manera segura con condiciones meteorológicas y de circulación favorables. Según el TPDA y el tipo de terreno, en este caso Montañoso, se determina que la velocidad de diseño para nuestro caso es de 25 km/h, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Velocidad de diseño de acuerdo al tipo de carretera y el tipo de terreno. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

Categoría de vía	TPDA proyectado	Velocidad de diseño (km/h)											
		Relieve llano				Relieve ondulado				Relieve Montañoso			
		Para el cálculo de los elementos del trazado longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
		Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta
R - I o R - II	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	3000 - 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000 - 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	300 - 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100 - 300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

3.2.3 Sección Transversal

La Normativa MTOP 2003 recomienda varias dimensiones de secciones transversales a adoptarse de acuerdo al tráfico proyectado y tipo de terreno, como se indica en la Tabla 14.

Tabla 15. Ancho de calzada mínimo recomendado

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

El diseño de la sección transversal de la vía debe considerar, entre otros factores, los beneficios generados a los usuarios, así como los costos producidos por mantenimiento. El vehículo tipo considerado en el estudio geométrico definirá el ancho de calzada mínimo a adoptarse.

De igual manera, se recomiendan los anchos de espaldones mínimos de acuerdo con el tipo de vía, según se muestra en la Tabla 16:

Tabla 16. Ancho mínimo de espaldón recomendado (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

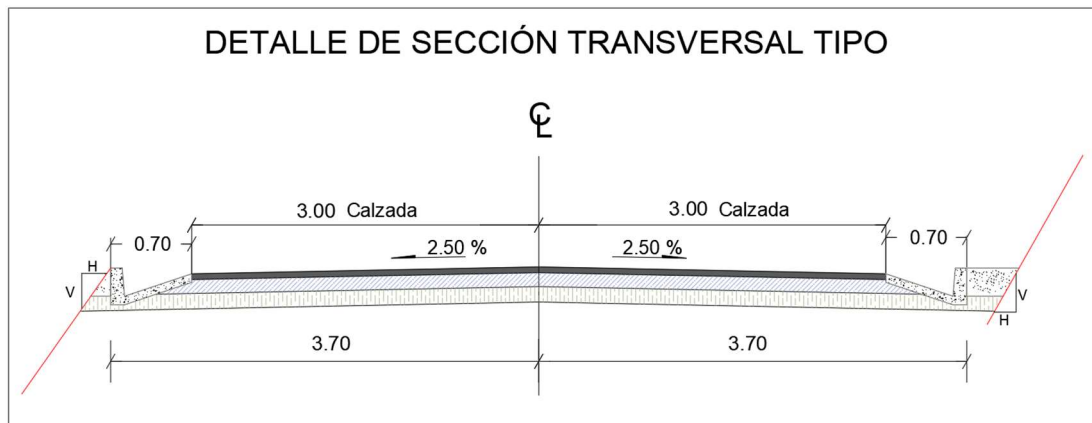
Valores recomendados para ancho de espaldones							
Tipo de vía	TPDA	Ancho de espaldón (m)					
		Recomendable			Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
		(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)
R - I o R - II	> 8000	3.0 *	3.0 *	2.5 *	3	3.0 *	2.0 *
I	3000 - 8000	2.5 *	2.5 *	2.0 *	2.5 **	2.0 **	1.5 **
II	1000 - 3000	2.5 *	2.5 *	1.5 **	2.5	2	1.5
III	300 - 1000	2.0 **	1.5 **	1.0 *	1.5	1	0.5
IV	100 - 300	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
V	< 100	Una parte de soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (No se considera espaldón como tal)					
L = Terreno llano. O = Terreno ondulado. M = Terreno montañoso							
* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.							
** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente.							

Para el presente estudio se ha omitido el empleo de espaldones, debido a una solicitud por parte de los técnicos encargados de la revisión y aprobación del proyecto, considerando factores económicos en la inversión inicial del mismo.

En base a lo antes expuesto, para el presente estudio se han considerado las siguientes dimensiones para la sección transversal, las cuales se ilustran en la Ilustración 23:

Ancho total	7.40 m.
Carril	3.00 m.
Espaldón	0.00 m.
Cuneta	0.70 m.

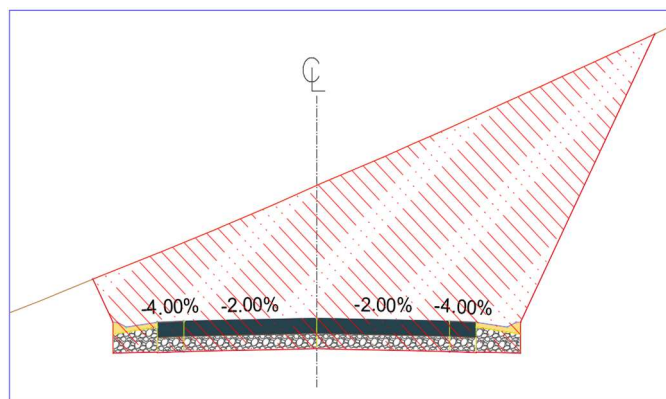
Ilustración 23. Dimensiones de la sección transversal escogida



3.2.3.1 Recomendación para inclinación de taludes de corte y relleno

La sección transversal de la vía también está compuesta por los taludes de corte y relleno que se producen por las condiciones del terreno con respecto al diseño geométrico de la vía. Como ya se indicó anteriormente, al ser una zona montañosa con gradientes transversales muy pronunciadas, el diseño geométrico fue realizado de manera que la sección de la vía sea construida por desbanque del terreno (corte), como se indica en la Ilustración 24, evitando la construcción de terraplenes que suponen un costo elevado por implicar la construcción de muros de contención con alturas considerables.

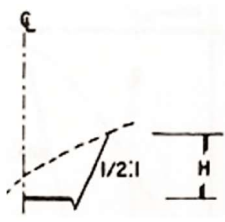
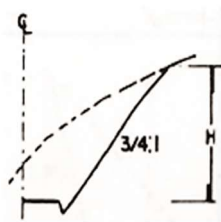
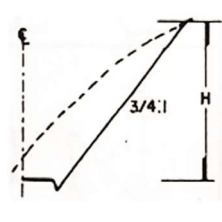
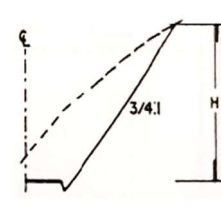
Ilustración 24. Sección transversal producida por desbanque.



En el capítulo 4 del presente estudio se exponen los resultados de los ensayos de suelos realizados a lo largo del trazado del proyecto. En estos se determinó la existencia de tres tipos de suelos distintos: arenas limosas, arenas arcillosas y gravas arcillosas. Para

establecer la inclinación que se puede adoptar en los taludes de corte producidos por el movimiento de tierras en la construcción del proyecto, de acuerdo con el tipo de suelo, se consideraron las recomendaciones realizadas en el libro “La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres” (Rico & Del Castillo, Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, 1984). En el libro se recomiendan las inclinaciones de taludes mostradas en la Tabla 17; la inclinación de talud se expresa mediante la relación H:V.

Tabla 17. Inclinaciones de talud de corte recomendadas por tipo de terreno. (Castillo, 1984)

Tipo de material	Talud recomendable				Observaciones
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor a 15 m	
Arenas limosas y limos compactados					Descopetar 1:1 la parte más intemperizada, si son materiales fácilmente erosionables deberá proyectarse talud de 1:1 y proteger con pasto.

Para los tramos determinados en los cuales se tiene prevista la construcción de rellenos o terraplenes se recomienda el uso de material de mejoramiento, empleando una inclinación del talud que guarde una relación 1/2H:1V. (Rico & Del Castillo, Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, 1984).

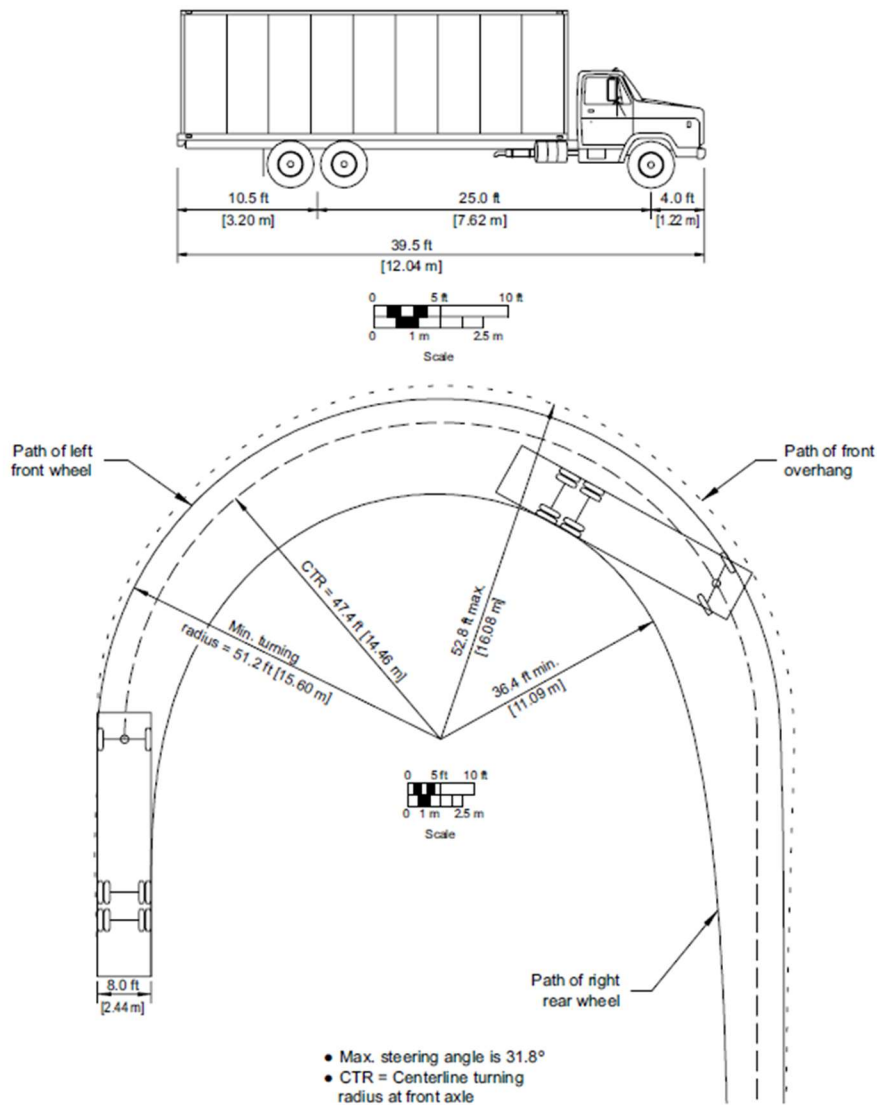
3.2.4 Vehículo Tipo

El vehículo tipo es aquel vehículo representativo del tránsito de la ruta, el cual debe tener un radio mínimo de giro y dimensiones superiores a la mayoría de los de su clase; éste nos permite determinar parámetros específicos en el diseño geométrico de la vía, como por ejemplo el valor del sobreebanco que debe ser considerado en las curvas horizontales.

Los camiones, por ser generalmente más pesados que los buses y automóviles, circulan a velocidades más lentas y ocupan más espacio, por lo cual se considera que el efecto de operación de un camión es equivalente al de varios vehículos livianos. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, más o menos equivalentes a los expuestos en la metodología AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1993).

Para este estudio se considerará como vehículo tipo un camión de dos ejes: un eje frontal simple y uno posterior tándem, tipo SU-12, muy similar a un camión tipo 3A de los recomendados por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013), por ser el de mayores dimensiones de su tipo. Las dimensiones de este camión se muestran en la Ilustración 25:

Ilustración 25. Dimensiones del vehículo de diseño adoptado



3.3 Alineamiento Horizontal

3.3.1 Selección de Ruta – Puntos obligados intermedios

En un diseño geométrico de carretera pueden existir puntos que sean considerados como obligatorios para el trazado de la ruta, ya sea por motivos de origen técnico, social, económico, político, etc. Por ejemplo: asentamientos de poblaciones, zonas de producción, puntos determinados por la geografía como ríos, valles, etc. (Cárdenas Grisales, 2013).

Como se indicó en el Capítulo 2 Generalidades y Estudio topográfico, en nuestro caso se consideran como puntos obligados solamente los puntos inicial y final de la vía, ya que no existen más puntos intermedios que cumplan las condiciones mencionadas en el párrafo anterior; las coordenadas UTM de estos puntos son:

Tabla 18. Coordenadas de inicio y fin del proyecto

Punto	Coordenadas UTM – Zona 17 S		Altura (m.s.n.m.)
	Datum WGS84		
	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	
Inicio de vía	676897	9627001	1577.8
Fin de vía	678839	9624319	2148

3.3.2 Pendiente Longitudinal Máxima

Al ser una vía tipo IV en un terreno montañoso se verifica la pendiente longitudinal máxima, la cual se puede adoptar según lo indicado en la Tabla 19.

Tabla 19. Valores de diseño de gradientes longitudinales máximas MTOP

Valores de Diseño de las Gradientes Longitudinales Máximas (Porcentaje)						
Clase de Carretera	Valor			Valor		
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R - I o R - II > 8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I 3000 - 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II 1000 - 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III 300 - 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV 100 - 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

En donde:

- Cuando el TPDA se encuentre próximo al límite superior de la respectiva categoría de carretera se aplicarán los valores “recomendados”.
- Cuando el TPDA se encuentre próximo al límite inferior de la respectiva categoría de carretera y/o el relieve sea dificultoso o escarpado se aplicarán los valores “absolutos”.

Se establece que la pendiente máxima para este tipo de vía es de 12%.

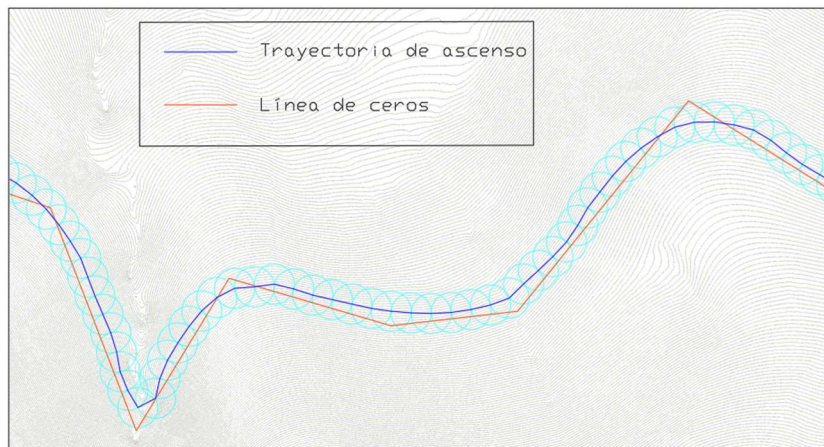
3.3.2.1 Línea de Ceros

Para el trazado de la línea de ceros se realizó el siguiente procedimiento:

- Se establece una pendiente longitudinal inicial que se mantenga dentro del límite máximo recomendado para el tipo de vía y con esta se realiza un trazado ascendente en las curvas de nivel. Se debe modificar dicha pendiente longitudinal, dentro del rango permitido, hasta lograr una conexión entre los puntos obligados del proyecto.
- Posteriormente, se trazaron líneas que cumplirán la función de tangentes auxiliares, las cuales representan un “promedio” de los puntos marcados previamente en las curvas de nivel por la línea de ascenso antes descrita. De esta manera se obtiene un equilibrio en las cantidades de corte y relleno en la construcción de la vía. A este trazado se lo denomina “Línea de ceros”.

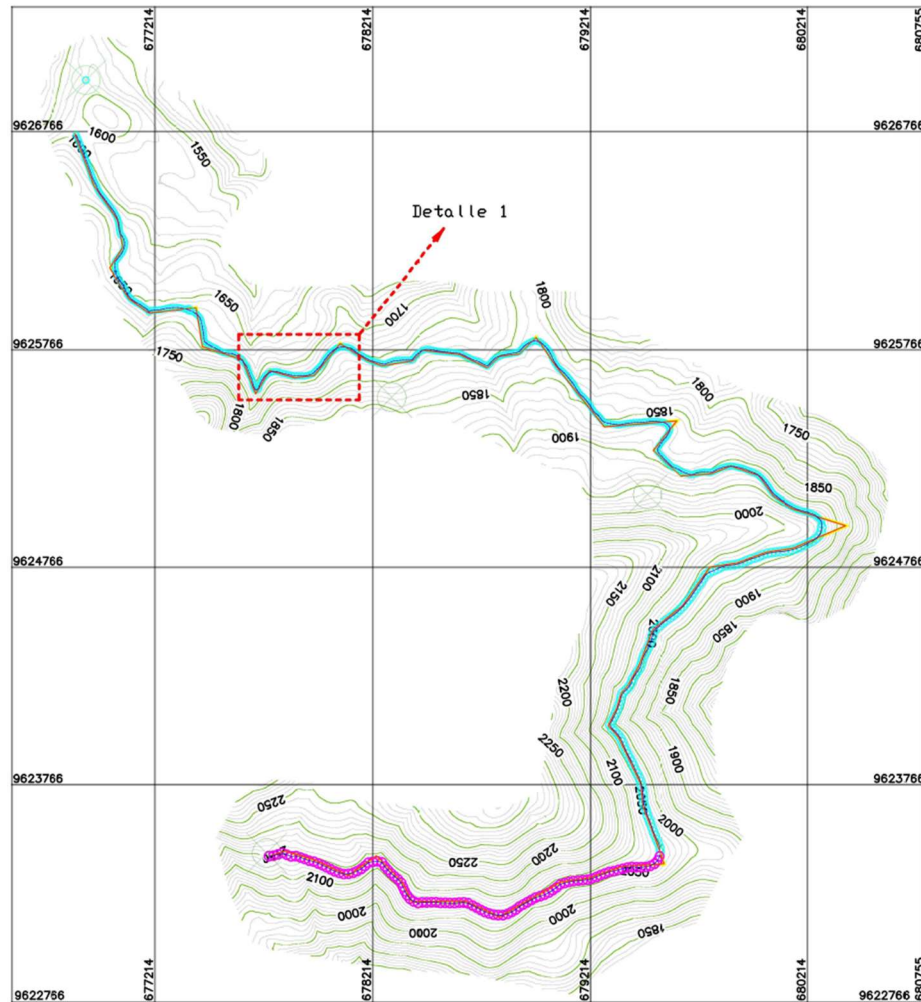
En la Ilustración 26 (Detalle 1, ver también Ilustración 27), se muestra el proceso de trazo de la trayectoria de ascenso y la aproximación de la línea de ceros en base a las tangentes auxiliares antes descritas sobre la topografía del terreno.

Ilustración 26. Ilustración de procedimiento de trazado de la línea de ceros (Detalle 1, ver también Ilustración 27)



Finalmente, se obtiene la línea de ceros total del proyecto vial, como se muestra en la Ilustración 27, sobre la cual se realizará el análisis por tramo y se incluirán las curvas horizontales simples y de transición, de manera que se cumpla la normativa aplicativa.

Ilustración 27. Línea de ceros del diseño geométrico de la vía.



En los anexos 1.1 y 1.2 se puede observar que la línea de ceros final del proyecto contiene un total de 63 tangentes o rectas, enlazadas por un total de 51 curvas horizontales simples y 11 curvas con transición de entrada y salida, del tipo espiral – circular – espiral, como se detallará posteriormente.

3.3.3 Eje de la Vía

Luego de definir la línea de ceros, se realizó el trazado del eje de la vía tratando de ajustarlos lo más cercano posible. Cabe recalcar que en vías en zonas montañosas es recomendable optar por construcciones que eviten los rellenos, ya que es una condición más desfavorable en términos de estabilidad. Por lo cual, en este caso se traza el eje apegado hacia la parte alta del talud evitando así los rellenos.

El eje trazado está formado por las tangentes de la vía, las cuales deberán estar unidas mediante curvas circulares pudiendo incluirse también curvas de transición, como se indicará posteriormente. La distancia entre el PT de una curva y el PC de la siguiente se llama tangente intermedia, la cual deberá cumplir el criterio de la tangente intermedia mínima, cuyo valor se calculará posteriormente. Sin embargo, en este punto ya se debe considerar este valor para verificar las longitudes de las tangentes en el eje trazado.

3.3.4 Curvas Circulares

3.3.4.1 Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

Es el radio mínimo de la alineación horizontal que brinda seguridad en el tránsito vehicular circulando a una velocidad de diseño definida en base al máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

El radio mínimo (R) se calcula según la siguiente fórmula:

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

Ecuación 3

En donde:

V = velocidad de diseño, expresada en km/h

e = Peralte máximo de la curva

f = coeficiente de fricción lateral máximo

El valor del peralte máximo para nuestro caso se toma en consideración a lo recomendado por la norma NEVI (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013), en función a lo especificado en la Tabla 19.

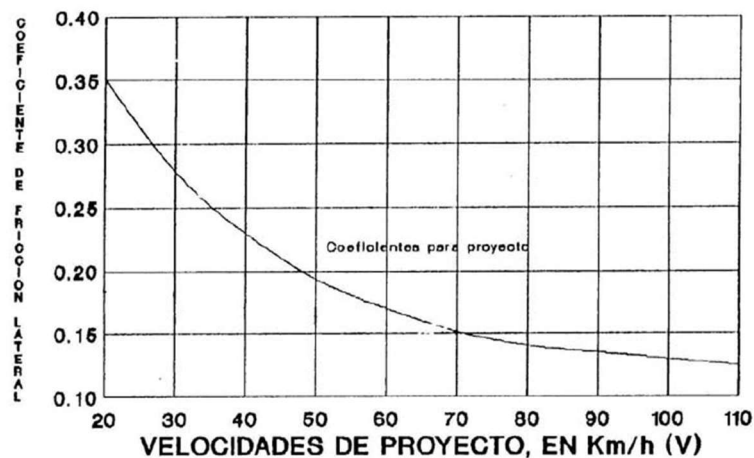
Tabla 20. Peralte máximo recomendado, de acuerdo al tipo de área.

Peralte "e" en (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Para nuestro caso, al ser zona montañosa, se escoge e (máx.) = 10%.

El coeficiente de fricción lateral máximo viene dado en función de la velocidad de diseño según la Ilustración 28 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

Ilustración 28. Coeficientes de fricción lateral para proyecto a diferentes velocidades.



Se verifica que, para nuestro caso ($V_d = 25$ km/h), el coeficiente de fricción adoptado es $f = 0.32$.

Reemplazando los valores, obtenemos el siguiente radio mínimo:

$$R_{min} = \frac{25^2}{127 \left(\frac{10}{100} + 0.32 \right)} = 12.31 \text{ m} \sim 13 \text{ m}$$

Se adopta un $R_{min} = 13$ m

3.3.5 Curvas de Transición

Son aquellas curvas que empalman la alineación recta con la curva circular, realizando una transición gradual del desarrollo del peralte, así como del sobreechancho, permitiendo una mayor seguridad ya que el vehículo realiza una mejor maniobra de entrada en la curva, así como una mayor estabilidad de los vehículos en su propio carril.

3.3.5.1 Longitud de la Curva de Transición

La longitud de la curva espiral debe cumplir ciertos criterios, los mismos que permiten establecer límites para su cálculo. En el libro de James Cárdenas (Cárdenas Grisales, 2013) se definen los siguientes criterios:

3.3.5.1.1 Longitud Mínima de la Espiral de acuerdo a la Variación de la Aceleración Centrífuga

En este criterio se deduce por análisis dinámico simple de un vehículo circulando a través de la curva espiral, la longitud mínima (L_e) recomendada para garantizar que la fuerza centrífuga que no es contrarrestada por el peralte de la vía, sea compensada por la fuerza de fricción, tomando en cuenta un valor empírico “J” que considera el grado de comodidad que se desea proporcionar; se calcula mediante la siguiente fórmula de Smirnof:

$$L_e \geq \frac{V_{CH}}{46.656(J)} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - 127(e_c) \right]$$

Ecuación 4

En donde:

V_{CH} = Velocidad uniforme a la cual el vehículo recorre la curva espiral. En el presente estudio, al tratarse de una velocidad de diseño “Vd” relativamente menor, se consideró que la velocidad específica en todos los tramos de la alineación horizontal sea igual a la velocidad de diseño, es decir: $V_{CH} = 25 \text{ km/h}$

R_c = Radio de la curva circular

e_c = peralte de la calzada

J = Factor de grado de comodidad, especificado en la Tabla 21.

Tabla 21. Factor “J” de acuerdo a la velocidad específica V_{CH} (Instituto Nacional de Vías de Colombia, 2008)

Velocidad Específica VCH (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
J (m/seg ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

3.3.5.1.2 Longitud Mínima de la Espiral de acuerdo a la Transición del Peralte

Considerando la recomendación para la gradiente de transición del peralte, necesaria para hacerlo variar gradualmente, se deduce que, para pasar con seguridad y comodidad desde la sección en bombeo normal (2.5 %) hasta la sección con peralte “ ec ” donde empieza la curva circular, la longitud de la curva espiral mínima está dada por:

$$Le \geq \frac{a*ec}{m} \quad \text{Ecuación 5}$$

En donde:

a = ancho del carril

m = gradiente de transición del peralte

ec = peralte máximo de la curva circular

3.3.5.1.3 Longitud Mínima de la Espiral por razones de Percepción y Estética

Desde el punto de vista de la percepción, la curva espiral debe tener una longitud suficiente para que se divise el cambio de curvatura. Se considera un disloque mínimo de 0.25 metros, por lo cual se obtiene la siguiente expresión:

$$Le \geq \sqrt{6R_c} \quad \text{Ecuación 6}$$

Con el objeto de obtener alineamientos “armoniosos” y considerando el punto de vista estético, el ángulo de deflexión de la espiral “ θ_e ” debe ser mínimo de 3°, por lo que se obtiene la expresión:

$$Le \geq \frac{R_c}{9} \quad \text{Ecuación 7}$$

3.3.5.1.4 Longitud Máxima de la Espiral de Transición

Se especifica el valor máximo del parámetro de la espiral como $K_{m\acute{a}x}=1.1 \cdot R_c$, de manera que, reemplazando en la fórmula de cálculo del factor K indicada anteriormente se obtiene la siguiente expresión:

$$L_e \geq 1.21(R_c) \quad \text{Ecuación 8}$$

3.3.5.1.5 Longitud Mínima de la Curva Circular Central

Se recomienda que la longitud mínima del tramo circular central sea aquella en la que un vehículo puede circular a la velocidad específica V_{CH} [km/h] durante 2 segundos, por lo que se obtiene la siguiente expresión:

$$L_s \text{ (ó } L_c) \geq 0.556(V_{CH}) \quad \text{Ecuación 9}$$

3.3.5.2 Radio Mínimo a partir del cual no se requiere usar Curva de Transición

Por recomendación del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003), se considera que una curva de transición no es necesaria bajo las siguientes circunstancias:

- a) Factor de comodidad: si el valor del desplazamiento “P” del arco circular tiene un valor inferior a 10 centímetros, no se requiere el empleo de curva de transición, debido a que la trayectoria realizada por el vehículo no representa un desplazamiento considerable con respecto al eje de su carril; el valor “P” se lo obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{L_e^2}{24R} \quad \text{Ecuación 10}$$

En donde:

Le=Longitud del arco espiral

R=Radio de la curva circular

- b) El radio mínimo que no requeriría transición en función de la velocidad de diseño sería:

$$R_{MT} = 0,098 V^2 \quad \text{Ecuación 11}$$

En la Tabla 22 se indican los radios mínimos a partir de los cuales no es necesaria la curva de transición en función de la velocidad de diseño:

Tabla 22. Radios mínimos a partir de los cuales no es necesario el uso de curvas de transición

V [Km/h]	<i>R_{min}</i> para introducir Transiciones [m]
30	90
40	160
50	250
60	400
70	500
80	700
90	800
100	1000
110	1200
120	1500

Para nuestro caso se realizó una interpolación obteniéndose un radio mínimo de 60 metros a partir del cual no es necesario el uso de curvas de transición.

3.3.6 *Peralte para Curvas con Radio Diferente al Mínimo*

Para la determinación del peralte a emplearse en curvas horizontales con radios distintos al radio mínimo se utilizará el método 5 propuesto por la AASHTO 2018 en el cual se recomienda el uso de tablas que contienen los valores de los peraltes correspondientes a varios valores de radios de curva específicos, dados el peralte máximo y la velocidad de diseño. En el uso de estas tablas, la AASHTO indica que para un radio de curva específico no es necesario realizar una interpolación de los valores recomendados pues el peralte escogido debe ser determinado considerando un radio igual (o levemente menor) que el indicado en la tabla. Sin embargo, para mayor precisión en los cálculos, de ser necesario, se realizará una interpolación para los radios determinados en el presente diseño.

Para nuestro caso, dado el peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 10\%$ y la velocidad de dise\~{n}o $VD=25\text{km/h}$, la AASHTO propone los datos mostrados en la Tabla 23 (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 2018):

Tabla 23. Radios m\~{i}nimos para peraltes espec\~{i}ficos, dada la velocidad de dise\~{n}o y un peralte m\~{a}ximo $e(m\acute{a}x)=10\%$

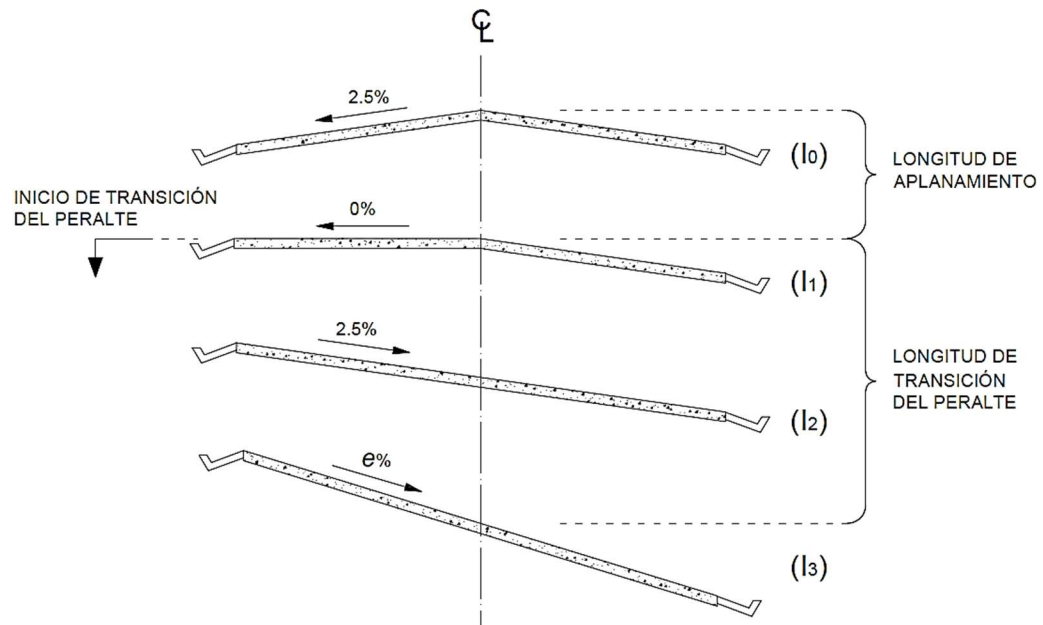
Metric												
e(%)	Vd=20	Vd=30	Vd=40	Vd=50	Vd=60	Vd=70	Vd=80	Vd=90	Vd=100	Vd=110	Vd=120	Vd=130
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)
NC	197	454	790	1110	1520	2000	2480	3010	3690	4250	4960	5410
RC	145	333	580	815	1120	1480	1840	2230	2740	3160	3700	4050
2.2	130	300	522	735	1020	1340	1660	2020	2480	2860	3360	3680
2.4	118	272	474	669	920	1220	1520	1840	2260	2620	3070	3370
2.6	108	249	434	612	844	1120	1390	1700	2080	2410	2830	3110
2.8	99	229	399	564	778	1030	1290	1570	1920	2230	2620	2880
3.0	91	211	368	522	720	952	1190	1460	1720	2070	2440	2690
3.2	85	196	342	485	670	887	1110	1360	1670	1940	2280	2520
3.4	79	182	318	453	626	829	1040	1270	1560	1820	2140	2370
3.6	73	170	297	424	586	777	974	1200	1470	1710	2020	2230
3.8	68	159	278	398	551	731	917	1130	1390	1610	1910	2120
4.0	64	149	261	374	519	690	866	1060	1310	1530	1810	2010
4.2	60	140	245	353	490	652	820	1010	1240	1450	1720	1910
4.4	56	132	231	333	464	617	777	953	1180	1380	1640	1820
4.6	53	124	218	315	439	586	738	907	1120	1310	1560	1740
4.8	50	117	206	299	417	557	703	864	1070	1250	1490	1670
5.0	47	111	194	283	396	530	670	824	1020	1200	1430	1600
5.2	44	104	184	269	377	505	640	788	975	1150	1370	1540
5.4	41	98	174	256	359	482	611	754	934	1100	1320	1480
5.6	39	93	164	243	343	461	585	723	896	1060	1270	1420
5.8	36	88	155	232	327	441	561	693	860	1020	1220	1370
6.0	33	82	146	221	312	422	538	666	827	976	1180	1330
6.2	31	77	138	210	298	404	516	640	795	941	1140	1280
6.4	28	72	130	200	285	387	496	616	766	907	1100	1240
6.6	26	67	121	191	273	372	476	593	738	876	1060	1200
6.8	24	62	114	181	261	357	458	571	712	846	1030	1170
7.0	22	58	107	172	249	342	441	551	688	819	993	1130
7.2	21	55	101	164	238	329	425	532	664	792	963	1100
7.4	20	51	95	156	228	315	409	513	642	767	934	1070
7.6	18	48	90	148	218	303	394	496	621	743	907	1040

7.8	17	45	85	141	208	291	380	479	601	721	882	1010
8.0	16	43	80	135	199	279	366	463	582	699	857	981
8.2	15	40	76	128	190	268	353	448	564	679	834	956
8.4	14	38	72	122	182	257	339	432	546	660	812	932
8.6	14	36	68	116	174	246	326	417	528	641	790	910
8.8	13	34	64	110	166	236	313	402	509	621	770	888
9.0	12	32	61	105	158	225	300	386	491	602	751	867
9.2	11	30	57	99	150	215	287	371	472	582	731	847
9.4	11	28	54	94	142	204	274	354	453	560	709	828
9.6	10	26	50	88	133	192	259	337	432	537	685	809
9.8	9	24	46	81	124	179	242	316	407	509	656	786
10.0	7	19	38	68	105	154	210	277	358	454	597	739

3.3.6.1 Desarrollo del Peralte

El desarrollo del peralte consiste en la modificación que la pendiente de la sección transversal de la calzada sufre cuando se pasa de una alineación recta (Sección transversal I0) a una curva (Sección transversal I3) como se muestra en la Ilustración 29.

Ilustración 29. Secciones transversales en la transición del peralte



En nuestro caso el desarrollo del peralte empleará un giro de la calzada alrededor de su eje según lo recomendado para terrenos montañosos por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003)

El peralte deberá desarrollarse siguiendo una gradiente específica según la Tabla 24 recomendada por el MTOP.

Tabla 24. Gradiente Longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte.

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

La AASHTO recomienda que para casos en que no se utilicen curvas de enlace, la longitud de transición del peralte (LT, dada desde perfil I1 a perfil I3, en la Ilustración 29) inicie a una distancia igual a $2/3LT$ antes del PC de la curva y el restante $1/3LT$ dentro de la curva circular. Para casos dificultosos, en los cuales no se empleen curvas espirales, esta distancia puede distribuirse $1/2LT$ en la recta y $1/2LT$ en la curva.

Para el caso que se usen espirales, el desarrollo del peralte se lo realiza a lo largo de la magnitud de la espiral, repartiendo el sobreancho de la siguiente manera: la mitad hacia el lado externo de la calzada y la otra mitad hacia el lado interno.

Por simple regla de tres se pueden calcular las longitudes de aplanamiento “x” y longitudes de transición de peralte “Lt”, como sigue:

$$\text{Long. de aplanamiento} = x = \frac{\text{Ancho de carril} * e_{\text{bombeo}}}{i/100} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$\text{Long. de transición de peralte} = Lt = \frac{\text{Ancho de carril} * e_i}{i/100} \quad \text{Ecuación 13}$$

En donde $e_i = \text{peralte de la curva } i$

3.3.7 Tangente Intermedia Mínima

La longitud de la tangente intermedia mínima entre dos curvas horizontales consecutivas dependerá de qué tipo de curvas son estas, pudiendo darse los siguientes casos:

- En el caso de dos curvas circulares consecutivas, es la mínima longitud que debe existir entre el PT de una curva y el PC de la siguiente. Las longitudes de transición se dividen en: 2/3 LT en tangente (antes del PC y después del PT), y 1/3 LT en la curva, (después del PC y antes del PT). Por lo tanto, la longitud de tangente mínima para este caso se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$T_M = \frac{2L_1}{3} + \frac{2L_2}{3} + X_1 + X_2 \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde:

$T_M = \text{Tangente intermedia mínima, } m$

$L_{1,2} = \text{Longitud de transición del peralte, } m$

$X_{1,2} = \text{Longitud de aplanamiento, } m$

La longitud mínima del arco circular sería = 1/3 ($L_1 + L_2$)

- Para condiciones difíciles cuando la longitud de transición se distribuya 1/2LT en la recta y 1/2LT en la curva, la tangente intermedia mínima sería:

$$T_M = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + X_1 + X_2 \quad \text{Ecuación 15}$$

En este caso, la longitud mínima del arco circular sería = $1/2 (L_1 + L_2)$

- Para el caso de utilizar curvas de transición o espirales, la tangente intermedia es la distancia que existe entre el punto ET de la curva inicial y el punto TE de la siguiente, la tangente intermedia mínima se calcula con la siguiente expresión:

$$T_M = X_1 + X_2 \quad \text{Ecuación 16}$$

- En el caso de tener curvas consecutivas, circular y espiral o viceversa, la tangente intermedia es aquella entre el PT y TE; o entre ET y PC, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_M = \frac{2}{3}L + X_L + X_e \quad \text{Ecuación 17}$$

En donde:

T_M = Tangente intermedia mínima, m

L = Longitud de transición del peralte, m

X_L = Longitud de aplanamiento en función de la longitud de transición, m

X_e = Longitud de aplanamiento en función de la curva de transición (espiral)

3.3.8 Sobreancho

Para el cálculo del sobreancho que debe ser empleado en las curvas horizontales se empleará el método recomendado por la AASHTO mostrado en el manual del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003) para lo cual primero se definirán algunos factores que intervienen en su cálculo:

- a) El ancho del vehículo de diseño “U”, se calcula con la siguiente fórmula:

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad \text{Ecuación 18}$$

En donde:

U = ancho normal de un vehículo, en nuestro caso es igual a 2.44 m.

L = longitud entre el eje anterior y eje posterior, es igual a 7.62 m.

R = radio de la curva

- b) Espacio lateral que necesita cada vehículo (C), Tabla 25:

Tabla 25. Espacio lateral que necesita cada vehículo

Ancho de calzada (m)	Valor C
6.00	0.60
6.50	0.70
6.70	0.75
7.30	0.90

Para nuestro caso, como se indicó anteriormente, la sección de la vía tiene un ancho total de calzada igual a 6 metros, por lo que se escoge un espacio lateral $C = 0.6$ m.

- c) Longitud del voladizo delantero del vehículo sobre el carril adyacente mientras gira.

$$FA = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R \quad \text{Ecuación 19}$$

En donde:

R = Radio de la curva, m

A = Voladizo delantero del vehículo del carril interior, 1.22 m.

L = distancia entre el eje anterior y eje posterior, 7.62 m

- d) Sobreecho adicional de seguridad en función de la velocidad de diseño y el radio de curva:

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Para nuestro caso: $V_d = 25$ km/h

Finalmente, si el ancho de la calzada en los tramos rectos es A_r y aquel requerido en las curvas es A_c , entonces el sobreecho es:

$$S_a = A_c - A_r \quad \text{Ecuación 21}$$

Y el valor del ancho total de calzada en la curva A_c para carreteras de 2 carriles, según la AASHTO será:

$$A_c = 2(U + C) + FA + Z \quad \text{Ecuación 22}$$

Así mismo, el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003) recomienda por razones de costo que el valor mínimo del sobreancho para velocidades de hasta 50 km/h sea de 30 cm.

En el presente estudio, debido al alto costo de inversión inicial del proyecto, y en base a solicitud realizada por técnicos encargados de la revisión y aprobación del proyecto, se ha considerado un valor de sobreancho máximo de 2 metros.

3.3.9 Distribución del Sobreancho en la Longitud de Transición y en la Curva Espiral

El MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003) propone las siguientes recomendaciones para la distribución del sobreancho:

- a) En curvas horizontales simples, en las cuales no se emplean curvas espirales, el ensanchamiento debe desarrollarse únicamente con respecto al borde interno de la calzada.
- b) El ensanchamiento debe realizarse de manera progresiva a lo largo de la longitud de desarrollo del peralte, es decir, 2/3 en la tangente y 1/3 dentro de la curva. En casos difíciles, se distribuirá 50% en la tangente y 50% en la curva, pudiendo utilizarse longitudes menores.
- c) En el caso de alineamiento con curvas espirales, el ensanchamiento debe realizarse a lo largo de la espiral hasta obtenerse la magnitud total en el punto “EC” de la curva.

3.4 Distancias de Visibilidad

Como parámetros necesarios para el diseño geométrico de la carretera también se analizan las de distancias de visibilidad que se indican a continuación:

3.4.1 Mínima Distancia de Visibilidad de Parada ($Mdvp$)

Esta distancia es aquella necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de diseño observe un objeto en su trayectoria y pueda detenerse antes de colisionar, por lo tanto, esta distancia es un factor determinante para la normal circulación de los vehículos en curvas horizontales y/o verticales.

La distancia de visibilidad de parada es la suma de dos distancias, es decir: $Mdvp = d_1 + d_2$, en donde d_1 es la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en el cual el conductor divisa

el objeto hasta que aplica los frenos y d_2 es la distancia de frenado del vehículo.

Para el cálculo de d_1 , la AASHTO recomienda que el tiempo de reacción es de 2.5 segundos para el 90% de los conductores; se utiliza la siguiente expresión para su cálculo:

$$d_1 = 0.7 * V_c \quad \text{Ecuación 23}$$

En donde:

V_c = Velocidad de circulación

Para el cálculo de d_2 se considera la fórmula de la “carga dinámica”, la cual considera la acción de la fricción entre los neumáticos y la calzada y se realiza una corrección por la gradiente de la misma; la expresión utilizada para la velocidad de diseño, en km/h, es:

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)} \quad \text{Ecuación 24}$$

En donde:

f = Coeficiente de fricción longitudinal calculado mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}} \quad \text{Ecuación 25}$$

G = Gradiente longitudinal de la calzada expresado en %, con su respectivo signo, esto es, positivo para gradientes cuesta arriba y viceversa.

3.4.2 *Mínima Distancia de Visibilidad de Rebasamiento (d_r)*

Es la distancia mínima que un vehículo necesita para realizar la maniobra de rebasamiento. Esta distancia se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad \text{Ecuación 26}$$

En donde:

d_1 = Distancia recorrida al momento de reacción y aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo.

d_2 = Distancia recorrida durante el tiempo que el vehículo rebasante ocupa el carril izquierdo.

d_3 = Distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo en sentido opuesto al final de la maniobra

$$d_4 = \frac{2}{3} * d_2$$

En la normativa de diseño vial MTOP 2003 se presentan las recomendaciones de distancia mínima de visibilidad de rebasamiento que se exponen en la Tabla 26.

Tabla 26. Distancia mínima de visibilidad de rebasamiento. (MTOP M. d., 2003)

VD (km/h)	Velocidades de los vehículos (km/h)		Distancia mínima de rebasamiento (metros)	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	---	(80)
30	28	44	---	(110)
35	33	49	---	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	(640)
100	79	95	688	(690)
110	87	103	764	(830) *
120	94	110	831	(830)

Por lo tanto, se asume una distancia mínima de visibilidad de rebasamiento de un vehículo de 80 metros.

3.5 Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical es tan importante como el alineamiento horizontal. Este debe guardar relación con la velocidad de diseño, curvas horizontales y con las distancias de visibilidad calculadas anteriormente.

Si bien el MTOP recomienda que se deben alternar tramos con pendiente máxima seguidos por tramos menos inclinados, de manera que los camiones puedan desarrollar una mayor velocidad para luego continuar con tramos de máxima pendiente, en nuestro caso, la vía presenta ascenso continuo con varias curvas verticales cóncavas y convexas lo cual evita que se produzcan tramos demasiado largos manteniendo una sola gradiente.

Las curvas verticales pueden ser de dos tipos: cóncavas o convexas. Para su trazado se consideran parábolas simples. En la relación L/A , el término “L” es la longitud de la curva expresada en metros, y “A” es la diferencia algebraica de gradientes, expresada en porcentaje; a esta relación se la denomina factor “K” de la curva y nos sirve para determinar su longitud mínima.

3.5.1 Longitud Mínima de Curvas Verticales

La normativa del MTOP 2003 define la longitud mínima de curvas verticales en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada. Se consideran los siguientes criterios:

- El ojo del conductor se encuentra a 1.15 metros de altura
- El objeto que se divisa sobre la carretera se encuentra a 0.15 metros de altura.

Para el cálculo de la longitud mínima de curvas verticales se utilizan las siguientes expresiones:

- Curvas Convexas: $L_{v\ min} = \frac{A * Dp}{426} = K * A \rightarrow K = Dp / 426$
- Curvas Cóncavas: $L_{v\ min} = \frac{A * Dp^2}{122 + 3.5 * Dp} = K * A \rightarrow K = \frac{Dp^2}{122 + 3.5 * Dp}$

En donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada

A = Diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentaje.

Los valores mínimos de K recomendados por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003) tanto para curvas convexas como cóncavas, se muestran en las tablas: Tabla 27 y Tabla 28, respectivamente.

Tabla 27. Valores mínimos recomendados para curvas verticales convexas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS			
Velocidad de diseño km/h	Distancia de visibilidad para parada - "s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Tabla 28. Valores mínimos recomendados para curvas verticales cóncavas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS			
Velocidad de diseño km/h	Distancia de visibilidad para parada - "s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

3.5.2 Longitud Mínima Absoluta

El MTOP recomienda que la longitud de las curvas verticales tanto cóncavas como convexas no sea menor que la distancia absoluta L_{min} , es decir:

$$L_v \geq L_{min} = 0.60 * V$$

3.6 Combinación de los Alineamientos Verticales y Horizontales

El MTOP recomienda los siguientes factores a considerar para un correcto emplazamiento de los alineamientos verticales y horizontales (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003):

1. Evitar un emplazamiento horizontal con tangentes y curvas con radios elevados a cambio de gradientes prolongadas y muy inclinadas, y viceversa. El diseño correcto tiene que guardar relación con ambos criterios, logrando así una mayor seguridad, facilidad y uniformidad de maniobra de los vehículos.
2. Evitar el empleo de curvas horizontales agudas en o cerca de la cumbre de curvas verticales convexas pronunciadas.
3. No deben emplearse curvas horizontales agudas en o cerca del punto más bajo de curvas verticales cóncavas pronunciadas.
4. En carreteras de 2 carriles prevalece la necesidad de proveer tramos de rebasamiento de vehículos a intervalos intermitentes, por encima de la composición de los alineamientos horizontal y vertical.
5. Preferiblemente se debe emplear curvas horizontales con grandes radios y pendientes suaves en las inmediaciones a intersecciones de carreteras.

3.6.1 Análisis del proyecto propuesto

En la Tabla 29 se expone un resumen de las curvas horizontales y verticales que contiene el proyecto y las respectivas abscisas de los puntos geométricos de las mismas (Inicio, punto medio y fin de curva). Se puede observar que el proyecto contiene un total de 62 curvas horizontales, de las cuales, 51 son curvas circulares simples y 11 son curvas con transición de entrada y salida, del tipo espiral – circular – espiral. Además, se observa que el proyecto cuenta con un total de 17 curvas verticales.

Al analizar los puntos geométricos de las curvas horizontales y verticales, se verifica que se cumple con la recomendación del MTOP expuestas en los numerales 2 y 3 del numeral 3.6 del presente estudio, ya que no se han empleado curvas horizontales agudas en o cerca de la cumbre de curvas verticales convexas pronunciadas, y tampoco en o cerca del punto más bajo de curvas verticales cóncavas pronunciadas.

Así también se verifica que la pendiente longitudinal de los distintos tramos de la vía, no superan el máximo establecido para el tipo de vía (12%).

Tabla 29. Análisis del trazado vial propuesto.

CURVAS HORIZONTALES								CURVAS VERTICALES						
No.	Radio (m)	CURVAS CIRCULARES		CURVAS ESPIRAL-CIRCULAR-ESPIRAL				No.	Abscisa			GRADIENTE %		Tipo de curva
		PC	PT	TE	EC	CE	ET		Inicial	Final	Piv	Entrada	Salida	
								1	0+085.00	0+135.00	0+110.00	9.38%	3.51%	Convexa
1	200	0+138.299	0+181.048											
2	100	0+233.154	0+274.192					2	0+230.00	0+270.00	0+250.00	3.51%	8.70%	Cóncava
3	200	0+484.171	0+534.414					3	0+480.00	0+520.00	0+500.00	8.70%	6.12%	Convexa
4	200	0+656.469	0+736.201											
								4	0+740.00	0+780.00	0+760.00	6.12%	8.20%	Cóncava
5	75	0+796.132	0+854.068											
6	75	0+888.196	0+973.640											
								5	0+975.00	1+025.00	1+000.00	8.20%	5.77%	Convexa
7	150	1+059.695	1+116.918											
8	120	1+154.745	1+241.885					6	1+160.00	1+240.00	1+200.00	5.77%	11.62%	Cóncava
								7	1+260.00	1+320.00	1+290.00	11.62%	6.79%	Convexa
9	100	1+322.218	1+473.409											
10	70	1+517.694	1+593.613											
								8	1+610.00	1+690.00	1+650.00	6.79%	8.67%	Cóncava
11	90	1+702.365	1+781.586											
								9	1+790.00	1+830.00	1+810.00	8.67%	7.10%	Convexa
12	30			1+828.279	1+853.279	1+891.630	1+916.630							
13	35			1+936.461	1+956.461	1+978.620	1+998.620							
14	90	2+054.567	2+089.438											
15	90	2+127.081	2+198.536											
16	70	2+288.341	2+389.646											
17	140	2+458.708	2+489.847											
18	100	2+523.080	2+570.563											
19	65	2+662.508	2+700.008											
20	50			2+728.181	2+748.181	2+770.315	2+790.315							
21	120	2+901.809	2+939.959											
22	35			3+029.192	3+049.192	3+070.645	3+090.645							
23	55			3+112.607	3+132.607	3+148.373	3+168.373							
24	55			3+189.009	3+209.009	3+225.627	3+245.627							
25	35			3+278.216	3+298.216	3+338.662	3+358.662	10	3+270.00	3+350.00	3+310.00	7.10%	7.49%	Cóncava
26	200	3+462.210	3+476.940											
27	80	3+780.814	3+859.446											
28	40			4+047.765	4+067.765	4+141.170	4+161.170							
29	40			4+183.455	4+203.455	4+243.807	4+263.807							
30	130	4+334.423	4+440.979											
31	100	4+506.886	4+536.099											
32	130	4+573.843	4+663.433											
33	130	4+708.683	4+790.568											
34	130	4+842.556	4+888.410											
35	250	4+931.082	5+003.574											

CURVAS HORIZONTALES							CURVAS VERTICALES							
No.	Radio (m)	CURVAS CIRCULARES		CURVAS ESPIRAL-CIRCULAR-ESPIRAL				No.	Abscisa			GRADIENTE %		Tipo de curva
		PC	PT	TE	EC	CE	ET		Inicial	Final	Piv	Entrada	Salida	
36	65	5+052.930	5+211.020					11	5+090.00	5+190.00	5+140.00	7.49%	4.64%	Convexa
37	200	5+272.867	5+322.826											
38	120	5+413.274	5+438.033											
39	160	5+548.008	5+582.792					12	5+560.00	5+620.00	5+590.00	4.64%	5.41%	Cóncava
40	110	5+645.418	5+735.266											
41	400	5+849.747	5+965.413											
42	65	6+064.546	6+099.120											
								13	6+140.00	6+220.00	6+180.00	5.41%	4.84%	Convexa
43	250	6+240.984	6+272.802											
44	65	6+347.485	6+361.234											
45	65	6+396.523	6+424.793											
46	200	6+461.062	6+499.898											
47	35			6+537.361	6+557.361	6+579.761	6+599.761							
48	65	6+629.144	6+648.896											
49	220	6+838.957	6+916.522											
50	160	6+952.470	6+995.742											
51	65	7+172.547	7+293.802					14	7+170.00	7+250.00	7+210.00	4.84%	5.37%	Cóncava
52	300	7+361.639	7+444.302											
53	200	7+539.401	7+579.607											
54	140	7+666.399	7+721.039											
								15	7+720.00	7+820.00	7+770.00	5.37%	4.30%	Convexa
55	130	7+945.550	8+070.110											
56	70	8+160.214	8+190.724											
								16	8+280.00	8+360.00	8+320.00	4.30%	5.25%	Cóncava
57	75	8+377.111	8+461.045											
58	80	8+503.408	8+527.943											
59	40			8+640.649	8+660.649	8+698.261	8+718.261							
								17	8+760.00	8+820.00	8+790.00	5.25%	3.88%	Convexa
60	100	8+774.157	8+881.304											
61	200	8+977.762	9+007.688											
62	80	9+106.770	9+153.698											
Fin														

Los cálculos totales de los parámetros para el diseño horizontal del proyecto se pueden visualizar en los anexos del 1.1 al 1.5, y los cálculos correspondientes al diseño vertical se exponen en el anexo 1.6 del presente informe.

En el presente estudio no está contemplado el componente de diseño hidráulico, sin embargo, en la Tabla 30 se exponen los datos de los pasos de alcantarilla a considerarse en el proyecto vial, determinados de manera externa al presente estudio.

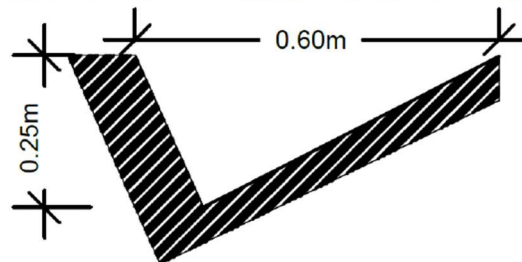
Tabla 30. Pasos de alcantarilla a ser considerados en el proyecto vial

Paso de Alcantarilla No.	Abscisa (km)	Sección (m)	Pendiente	Longitud (m)
1	0+252	1.20	2.0%	11.20
2	0+540	1.20	2.0%	10.00
3	0+740	1.20	2.0%	10.10
4	1+197	1.20	2.0%	10.40
5	1+635	1.20	2.0%	9.90
6	1+870	2.5x2.5	0.5%	26.90
7	2+157	1.2x1.2	2.0%	10.70
8	2+557	1.50	2.0%	10.60
9	3+065	1.50	2.0%	13.30
10	3+225	1.20	2.0%	12.30
11	3+740	1.20	2.0%	9.90
12	4+227	1.20	2.0%	11.80
13	4+430	1.20	2.0%	10.70
14	4+857	1.20	2.0%	10.70
15	5+506	1.20	2.0%	9.90
16	6+090	1.20	2.0%	10.80
17	6+410	1.20	2.0%	10.90
18	6+572	1.50	2.0%	12.70
19	6+963	1.20	2.0%	10.60
20	7+693	1.20	2.0%	10.60
21	7+905	1.20	2.0%	9.90
22	8+517	1.20	2.0%	10.90
23	8+659	1.20	2.0%	12.80
24	8+718	1.20	2.0%	11.30
25	9+080	1.50	2.0%	10.40

De igual manera, externamente al presente estudio se determinaron las dimensiones de la cuneta de la vía, las cuales se muestran en la Ilustración 30.

Ilustración 30. Dimensiones de la cuneta, determinadas mediante un estudio externo.

Ilustración 4.3 Sección de diseño de la cuneta



4. CAPÍTULO 4. Estudio de Suelos y Diseño de Pavimentos

4.1 Introducción

Se ha considerado el diseño de la estructura de pavimento con capa de rodadura flexible tomando en cuenta la ubicación del proyecto, la disponibilidad de materiales en la zona, recursos económicos disponibles, y en general, la infraestructura vial existente en la zona de emplazamiento del proyecto.

Para el cálculo de la estructura del pavimento del presente proyecto se empleó la metodología establecida por la AASHTO 93.

Los parámetros primordiales en el diseño de pavimentos son: período de análisis, el tránsito o cargas vehiculares, las características de la subrasante representadas por el CBR, las características de los materiales que intervienen en la estructura, las características ambientales de la zona de estudio, los factores estructurales y estadísticos que intervienen en el diseño.

4.2 Período de análisis

El periodo de análisis (PA) recomendado para el diseño de la estructura de pavimentos en vías de bajo volumen de tráfico es de 15 a 25 años como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Periodos de vida útil de acuerdo al tipo de vía y su localización

Tipo de camino	Período de análisis
Gran volumen de tránsito urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años
Bajo volumen en superficie de agregados	20-50 años

Para el presente estudio, como se indicó anteriormente, se consideraron dos alternativas de diseño:

- Alternativa 1: Diseño de la estructura de pavimento flexible por etapas, es decir, se diseñará una primera etapa para un período de 10 años y en ese punto se diseñará la estructura adicional para un segundo período de 10 años, dando un total de 20 años.
- Alternativa 2: Diseño de la estructura de pavimento flexible para un período total de 20 años.

4.3 Tránsito o Cargas Vehiculares

Para realizar el cálculo de la estructura del pavimento, es necesario determinar las cargas o solicitaciones que tendrá dicha estructura a lo largo de su vida útil. La metodología utilizada en el presente estudio emplea el cálculo de repeticiones de las cargas debido al tránsito que circularán por el carril de diseño, expresadas en números de ejes equivalentes simples (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1993). Para ello es necesario primero determinar la cantidad y composición del tráfico que se proyecta para la vía a lo largo del período de diseño. Posteriormente se emplea la metodología establecida para convertir el tráfico proyectado total en repeticiones de ejes equivalentes, como se detalla a continuación.

4.3.1 Cálculo de número de ejes equivalentes (ESALs)

El cálculo de ESALs o Número de ejes simples acumulados equivalentes, cuyo peso es de 8.2 toneladas (N) se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N = TPDA * \%Vc * 365 * \frac{FD}{100} * \frac{FL}{100} * FP * FCG \quad \text{Ecuación 27}$$

En dónde:

TPDA: Tráfico promedio diario anual por categoría de vehículo al inicio del período de diseño.

%Vc: Porcentaje de vehículos comerciales (Buses y camiones)

FD: Factor de distribución por dirección

FL: Factor de distribución por carril

FP: Factor de proyección

FCG: Factor camión global

4.3.2 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Como se indicó en el estudio de tráfico del presente estudio, se han determinado los valores de TPDA que se muestran en la Tabla 32 para el diseño del proyecto:

Tabla 32. TPDA proyectado para las distintas etapas del proyecto.

AÑO	LIVIANOS	CAMIONES				TPDA
		2DA	2DB	3A	4C	
2021	93	9	9	1	1	110
2023	100	9	9	1	1	120
2033	133	11	11	1	1	157
2043	173	12	12	1	1	199

4.3.3 Porcentaje de vehículos comerciales

De los datos expuestos en la Tabla 32 se deduce el porcentaje y cantidad de vehículos comerciales que circularían en la vía. Para el cálculo de la estructura del pavimento se consideran solamente este tipo de vehículos debido a que los vehículos livianos representan una carga “despreciable” desde el punto de vista del análisis estructural, siendo de importancia relevante aquellos cuyo peso representa una mayor sollicitación a la estructura como son los buses y camiones. En la Tabla 33 se expone la cantidad de vehículos comerciales y su tipo para el empleo en la metodología de cálculo.

Tabla 33. Distribución de tipos de vehículos comerciales para el diseño de pavimento.

AÑO	TPDA POR TIPO DE CAMION				TPDA * %Vc
	2DA	2DB	3A	4C	
2023	9	9	1	1	20
Porcentaje	7.5%	7.5%	0.83%	0.83%	16.66%

4.3.4 Factor de distribución por dirección FD

Este factor se asume según lo indicado en la Tabla 34. En nuestro caso se tiene un valor $FD = 50\%$, dado que la vía de diseño tiene dos carriles.

Tabla 34. Factor de distribución por dirección *FD*

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos pesados en el carril de diseño (<i>FD</i>)
2	50
4	45
6 o más	40

4.3.5 Factor de distribución por carril *FL*

Dado que la vía en estudio se planifica con un solo carril por dirección, se asume un valor *FL* = 100%.

Tabla 35. Factor de distribución por carril *FL*

Número de carriles en cada dirección	% de ESAL en el carril de diseño (<i>FL</i>)
1	100
2	800 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

4.3.6 Factor de proyección

Para el cálculo del factor de proyección se emplea la siguiente ecuación propuesta por el método de la AASHTO 1993.

$$FP = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

En donde:

r: Tasa de crecimiento vehicular de acuerdo al tipo de vehículo (%).

n: Período de diseño (años)

Como se indicó en el estudio de tráfico del presente estudio, las tasas de crecimiento vehicular son las presentadas en la Tabla 36, a partir de las cuales se realizó una interpolación para así obtener las tasas de crecimiento a adoptar en los períodos de diseño antes descritos. Las tasas se muestran en la Tabla 37.

Tabla 36. Tasas de crecimiento vehicular recomendadas MTOP

Periodo	Tasa de crecimiento vehicular		
	Liviano	Bus	Camión
2010 - 2015	4,47	2,22	2,18
2016 - 2020	3,97	1,97	1,94
2021 - 2025	3,57	1,78	1,74
2026 - 2030	3,25	1,62	1,58

Tabla 37. Proyección de la tasa de crecimiento

Proyección de la tasa de crecimiento		
Año	Tasa crecim.	
	Livianos	Camiones
2021 - 2025	3.57%	1.74%
2026 - 2030	3.25%	1.58%
2031 - 2035	3.05%	1.47%
2036 - 2040	2.91%	1.39%
2041 - 2045	2.86%	1.35%

4.3.7 Factor de equivalencia de carga y factor camión global

A lo largo de su vida útil, el pavimento es afectado por las cargas repetidas del paso de los vehículos; el peso por eje de cada tipo de vehículo se encuentra estandarizado en la normativa del MTOP 2003. En la Tabla 38 se exponen los pesos por eje de los vehículos que han sido identificados en el estudio de tráfico y que se consideran para el diseño de la estructura de pavimento.

Tabla 38. Tipos de vehículos motorizados, pesos y dimensiones

CUADRO DEMOSTRATIVOS DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2 D			7	5,00	2,60	3,00	
2DA			10	7,50	2,60	3,50	
2DB			18	12,20	2,60	4,10	
3-A			27	12,20	2,60	4,10	
4-C			31	12,20	2,60	4,10	

Para homogenizar las cargas de los distintos tipos de vehículos, se emplea el parámetro denominado “Factor Camión” (FC), el cual es igual a la suma de los “Factores de equivalencia de carga” (FEc) de cada uno de los ejes de un determinado vehículo, los cuales representan la cantidad de repeticiones de cargas de un eje simple, equivalentes al paso de un determinado eje.

Para el cálculo de los factores de equivalencia de carga se emplea la siguiente formulación propuesta por la AASHTO para pavimentos flexibles.

$$FEc = \frac{1}{W_x/W_{18}}$$

En donde:

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4.79} \left[\frac{10^{G/Bx}}{10^{G/B_{18}}} \right] [L_{2x}]^{4.33}$$

En donde:

$$B_x = 0.4 + \left(\frac{0.081(L_x + L_{2x})^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_{2x}^{3.23}} \right)$$

B₁₈: factor B_x, calculado para carga del eje estándar (18 kips).

B_x: factor en función de la carga por eje y el número estructural.

p_t: índice de servicio final.

SN: número estructural esperado de la estructura

W_x/W₁₈: aplicación de carga, inverso al factor de equivalencia Fe= W₁₈/W_x.

L_x: carga del eje evaluado (kips) (según la tabla de pesos del MTOP).

L₁₈: carga del eje estándar (18 kips).

L_{2x}: código de configuración del eje, 1=eje simple, 2=eje tándem, 3=eje trídem, s= eje simple (1), x= tipo de eje siendo evaluado.

L_{2s}: 1, por eje simple.

$G = \log \left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right)$ factor en función del índice de servicio final

Tabla 39. Cálculo del factor de equivalencia de carga

Tipo de eje		Simple	Simple	Simple	Simple	Tándem	Trídem
Carga del eje evaluado	L _x [ton] =	3	4	7	11	20	24
	L _x [kips] =	6.6	8.8	15.4	24.2	44.0	52.8
Código de configuración de ejes:	L _{2x} =	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0
Factores fórmula	G	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
	B _x	0.4	0.5	0.9	2.4	1.9	1.2
Número Estructural inicial asumido:	SN	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Índice final de servicio:	P _t =	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Relación W _x /W ₁₈ =	W _x /W ₁₈ =	60.0	18.7	1.9	0.3	0.3	0.7
Factor de equivalencia de carga:	FE _c =	0.017	0.054	0.523	3.556	3.231	1.509

Para el cálculo de factor de equivalencia se considera número estructural inicial de 3.00 y un índice de servicio final de 2.5. Los valores mencionados son referenciales y se asumen de manera inicial para el presente cálculo. En la Tabla 39 se muestran los valores calculados para el Factor de equivalencia de carga por tipo de eje y su peso establecido por la normativa.

Posteriormente, se obtienen los valores del factor camión para cada tipo de vehículo como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Cálculo del factor camión

TIPO DE VEHÍCULO	EJE						FC
	Delantero			Posterior			
	Tipo	Peso	F _{Ec}	Tipo	Peso	F _{Ec}	
2DA	Simple	3	0.017	Simple	7	0.523	0.540
2DB	Simple	7	0.523	Simple	11	3.556	4.079
3A	Simple	7	0.523	Tándem	20	3.231	3.754
4C	Simple	7	0.523	Trídem	24	1.509	2.032

Finalmente, reemplazando todos los factores, obtenemos el Número de ejes equivalentes simples (N o ESALs) para las distintas etapas de diseño de la estructura de pavimento como se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Cálculo de número de ejes equivalentes (N o ESALs)

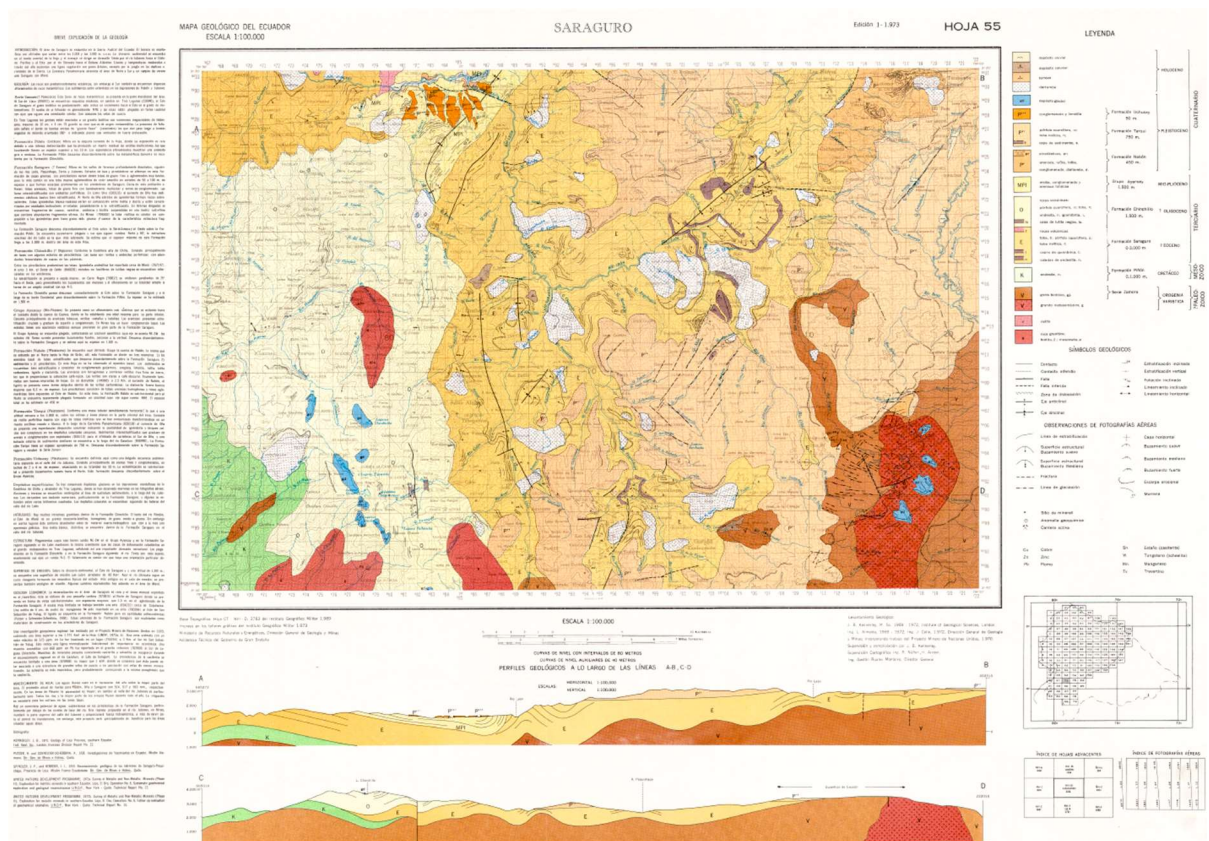
TIPO DE VEHÍCULO	TPDA (2023) Solo vehículos comerciales	FD	FC	F _{Ec}	FP		N ESALs	
					2033	2043	2033 (Etapa 1)	2043 (Etapa 2)
2DA	9	50.00%	100.00%	0.540	10.69	22.78	9480	20207
2DB	9	50.00%	100.00%	4.079	10.69	22.78	71604	152638
3A	1	50.00%	100.00%	3.754	10.69	22.78	7323	15609
4C	1	50.00%	100.00%	2.032	10.69	22.78	3964	8449
TOTAL							92371	196903

4.4 Características de la Subrasante

Para la determinación de las características de la subrasante, se llevó a cabo la siguiente metodología:

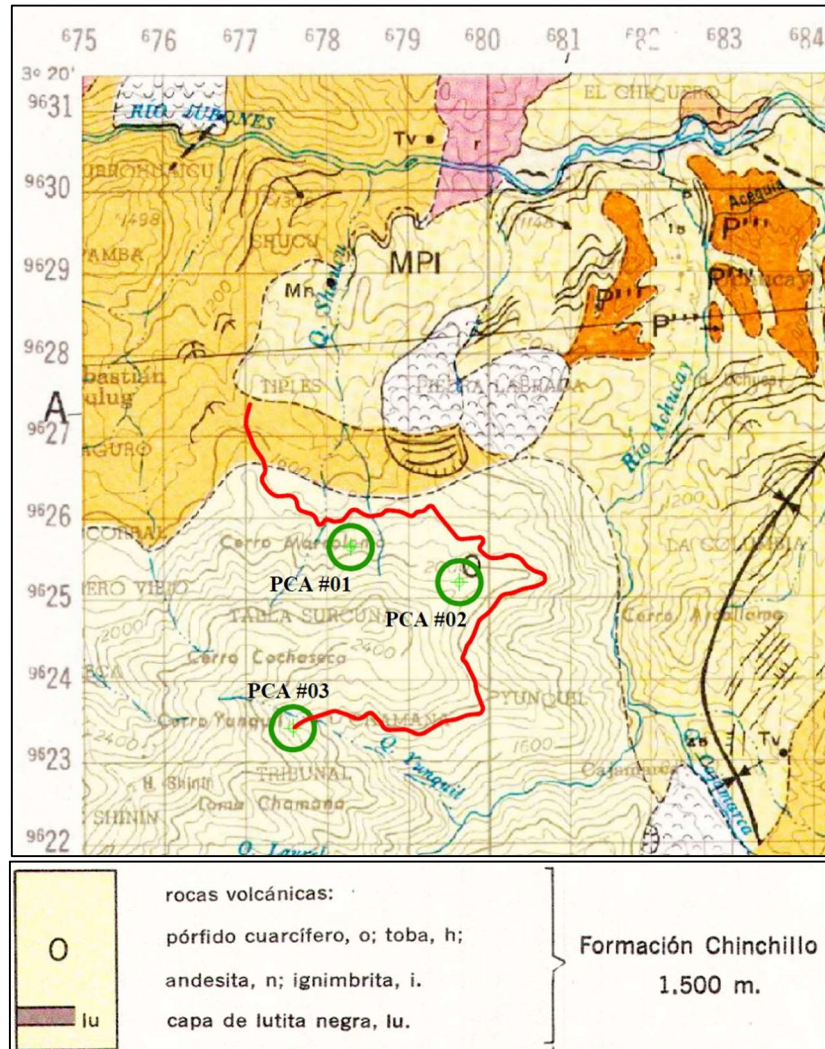
- Se realizaron 3 excavaciones a cielo abierto (calicatas) para determinar la composición estratigráfica en cada punto y la extracción de muestras para realizar los ensayos de laboratorio respectivos.
- La ubicación y número de calicatas se determinó de acuerdo al análisis del mapa geológico de la zona, proporcionado por el Instituto Geográfico Militar, como se muestra en la Ilustración 31.

Ilustración 31. Mapa Geológico de la zona, Cantón Saraguro. Escala 1:100.000



- En la Ilustración 32 se puede observar un extracto del mapa geológico de Saraguro, con enfoque al área de estudio, en el cual ha sido emplazado el eje del proyecto vial. Se puede observar la ubicación de las calicatas realizadas para la caracterización de la subrasante, pertenecientes a la Formación Chinchillo.

Ilustración 32. Extracto del mapa geológico de Saraguro, con enfoque al área de estudio

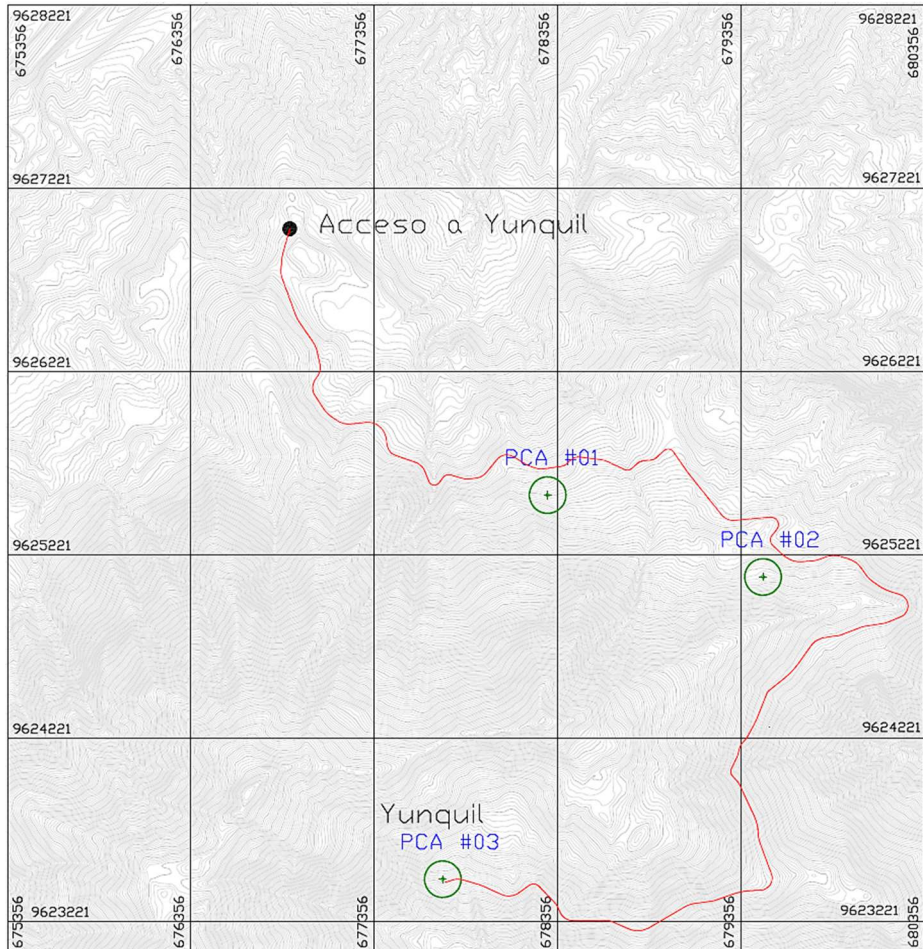


- En la Tabla 42 se muestran las coordenadas de cada una de las calicatas realizadas para la caracterización de la subrasante, y en la Ilustración 33 se muestra la ubicación de estas en el plano.

Tabla 42. Coordenadas de las calicatas realizadas

Numero de Calicata	Coordenadas UTM – Zona 17 S Datum WGS84	
	Coordenada E	Coordenada N
#1	678 300,9	9 625 547,8
#2	679 475,9	9 625 100,7
#3	677 729,3	9 623 450,5

Ilustración 33. Mapa de ubicación de calicatas.



- En los ensayos de laboratorio se determinaron las siguientes características del suelo de la subrasante o terreno natural:
 - Clasificación de tipo de suelos ASTM 2487: Se determina el tipo de suelo existente en cada punto, tomando como referencia el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)
 - Determinación del Valor relativo de soporte o Californian Bearing Ratio (CBR): Este parámetro nos indica la capacidad de soporte del suelo en el cual se asentará la estructura del pavimento. Se utiliza este valor para el cálculo de la estructura del pavimento.

4.4.1 Excavación de calicatas

Se realizaron 3 calicatas a lo largo de la vía, con profundidades aproximadas de 1.50 metros y una separación aproximada de 3 km entre cada calicata, de acuerdo a los criterios para ubicación de exploraciones. En cada una se realizó la descripción geotécnica de los suelos y se obtuvo muestras para realizar ensayos en laboratorio. La profundidad de excavación está relacionada al efecto que causa el neumático de un determinado vehículo sobre la subrasante del pavimento. En los Anexos 2.10 se puede observar la monografía de calicatas y el perfil estratigráfico de cada una de ellas.

A continuación, se indican los parámetros principales determinados en cada una de las excavaciones.

- **PCA #01**

PCA: Pozo a cielo abierto

Coordenadas (678 300,9 E; 9 625 547,8 N)

La calicata tiene una profundidad de excavación de 1.50 metros. Se verifica la existencia de un material de grueso. La calicata se ubica a un costado del eje proyectado, en la abscisa 2+000. No se identifica nivel freático. Se obtiene una muestra del material para realizar ensayos de clasificación y CBR.

Ilustración 34. Exploración PCA #01



- **PCA #02**

PCA: Pozo a cielo abierto

Coordenadas (679 475,9 E; 9 625 100,7 N)

La calicata tiene una profundidad de excavación de 1.50 metros. Se verifica la existencia de un material de tipo arenoso. La calicata se ubica a un costado del eje proyectado, en la abscisa 5+000. No se identifica nivel freático. Se obtiene una muestra del material para realizar ensayos de clasificación y CBR.

Ilustración 35. Exploración PCA #02



- **PCA #03**

PCA: Pozo a cielo abierto

Coordenadas (677 729,3 E; 9 623 450,5 N)

La calicata tiene una profundidad de excavación de 1.50 metros. Se verifica la existencia de un material de tipo arenoso. La calicata se ubica a un costado del eje proyectado en la abscisa 8+000. No se identifica nivel freático. Se obtiene una muestra del material para realizar ensayos de clasificación y CBR.

Ilustración 36. Exploración PCA #03



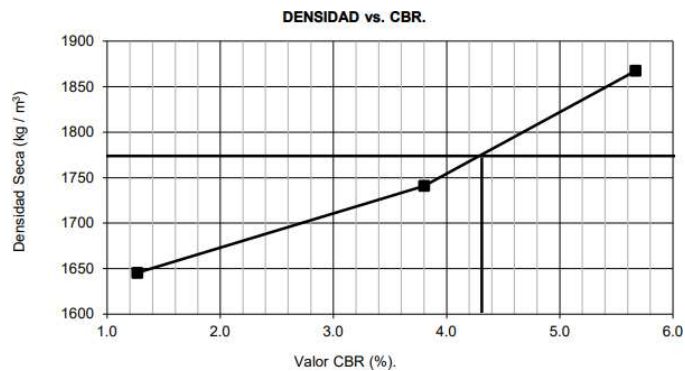
4.4.2 Ensayos de laboratorio

4.4.2.1 Ensayos de CBR

Mediante este tipo de ensayo se determina la capacidad de soporte del suelo en el cual se apoyará la estructura de pavimento; dicho valor se utiliza como un parámetro para el diseño de la estructura. El ensayo es regido por la norma ASTM D 1883.

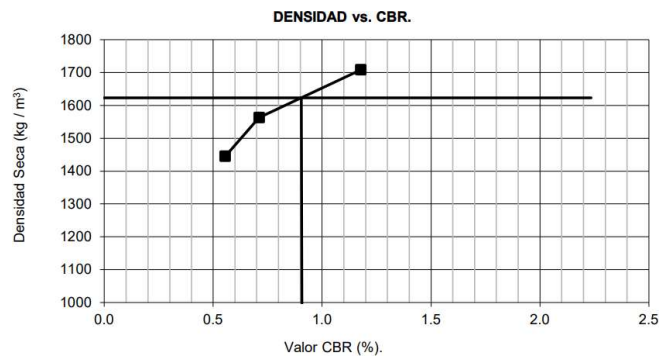
En las ilustraciones: Ilustración 37, Ilustración 38 e Ilustración 39 se exponen los resultados de ensayos de CBR, realizados en las calicatas PCA-01, PCA-02 y PCA- 03:

Ilustración 37. Ensayo CBR para PCA 01



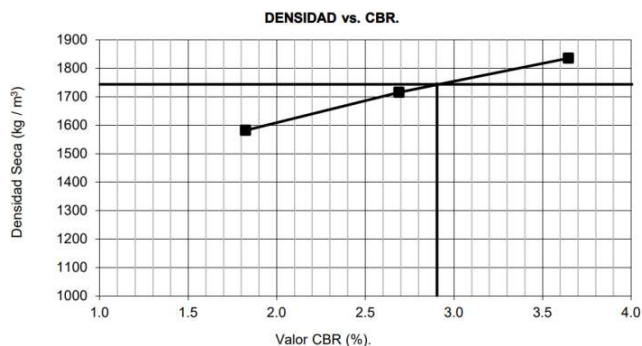
Se asume como valor de CBR el menor valor 4,30 %.

Ilustración 38. Ensayo CBR para PCA 02



Se asume como valor de CBR el menor valor 0,90 %.

Ilustración 39. Ensayo CBR para PCA 03



Se asume como valor de CBR el menor valor 2,90 %.

4.4.2.2 Ensayos de Clasificación de suelos

En la Tabla 43 se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de clasificación de suelos. Los informes de laboratorio se exponen en el anexo de ensayos de laboratorio.

Tabla 43. Resultados de ensayos de clasificación de suelos

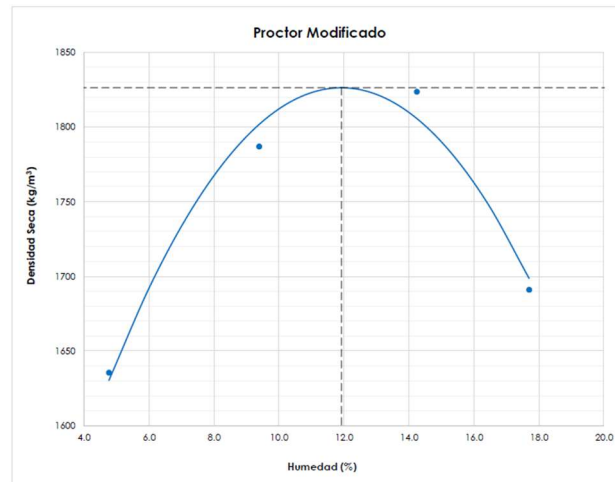
Resumen de ensayos de clasificación de suelos											
Datos de exploración		Gradación			Límites de Atterberg				Clasificación		
ID	Muestra	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	Humedad	SUCS	AASHTO	Tipo de suelo
		%	%	%	%	%	%	%	%		
PCA # 01	PCA # 01 -01	47%	27%	26%	33.8%	17.8%	16.0%	7.3%	GC	A-2-6 (0)	Grava arcillosa
PCA # 02	PCA # 02 -01	0%	68%	32%	69.2%	25.1%	44.1%	18.3%	SC	A-2-7 (4)	Arena arcillosa
PCA # 03	PCA # 03 -01	34.5%	38.6%	26.9%	50.5%	29.3%	21.2%	9.8%	SM	A-2-7 (0)	Arena limosa

4.4.2.3 Ensayo de compactación Proctor Modificado

Este ensayo se lo realiza con el objeto de obtener la humedad óptima del material, cuyo valor es utilizado para la determinación del valor de CBR. Las normativas aplicadas son: ASTM D 1557 y AASHTO T-180. En las ilustraciones: Ilustración 40, Ilustración 41 e Ilustración 42, se exponen los valores correspondientes a las calicatas PCA #01; 02 y 03, respectivamente.

- **PCA #1**

Ilustración 40. Resultados ensayo Proctor Modificado PCA #01

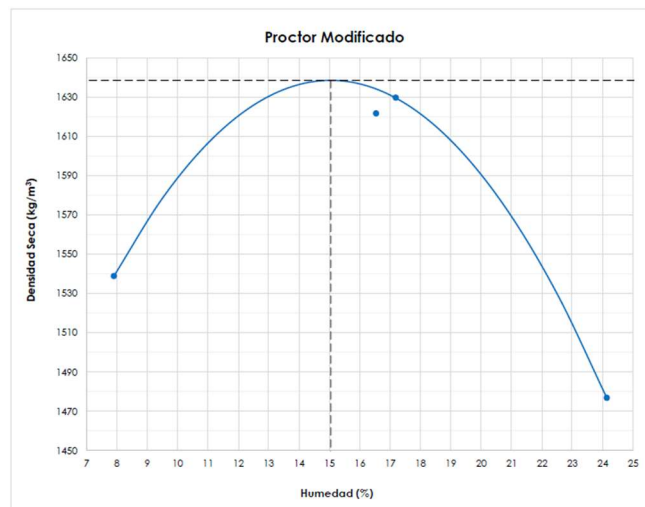


Humedad Óptima: 11.9 %

Densidad Seca Máxima: 1826.0 kg/m³

- **PCA #2**

Ilustración 41. Resultados ensayo Proctor Modificado PCA #02

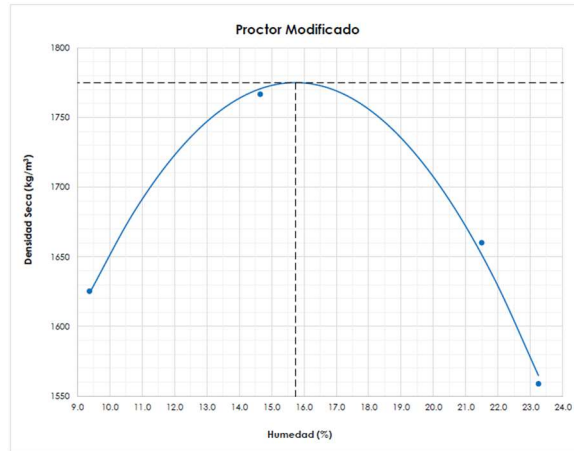


Humedad Óptima: 16.6 %

Densidad Seca Máxima: 1710.0 kg/m³

- PCA #3

Ilustración 42. Resultados ensayo Proctor Modificado PCA #03



Humedad Óptima: 16.2 %

Densidad Seca Máxima: 1871.0 kg/m³

4.4.3 Análisis de resultados y determinación de CBR característico

En base a los resultados obtenidos en los ensayos de clasificación de suelos se verifica que existen tres tipos distintos de materiales: un material arcilloso de color variable (café, gris), una grava arcillosa y una arena limosa. En la Tabla 44 se presenta el resumen de los resultados de clasificación y CBR obtenidos para estos materiales:

Tabla 44. Resumen de resultados de Clasificación de suelos y CBR

DATOS DE EXPLORACIÓN			CLASIFICACIÓN		CBR
ID	MUESTRA	PROF. (m)	SUCS	AASHTO	
PCA # 01	PCA # 01 -01	0.30-1.50	GC	A-2-6 (0)	4.30
PCA # 02	PCA # 02 -01	0.30-1.50	SC	A-2-7 (4)	0,90
PCA # 03	PCA # 03 -01	0.30-1.50	SM	A-2-7 (0)	2.90

Posteriormente se obtiene el CBR característico de toda la vía en estudio, el cual es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de la estructura del pavimento, ya que representa la característica principal del suelo en donde se asentarán las capas de la estructura (Araujo Navarro, 2014).

El valor de CBR característico se obtiene realizando el siguiente procedimiento propuesto por la norma AASHTO 93 como sigue: se ordenan los valores de forma ascendente y de acuerdo al número de ejes equivalentes simples se establece el valor de percentil que deberá cubrir el valor de CBR característico (Tabla 45):

Tabla 45. Percentil que determina la selección de CBR característico

Número de ejes de 8.2 ton en el carril de diseño		Percentil para seleccionar la resistencia
0.0E+00	1.0E+04	60
1.0E+04	1.0E+06	75
1.0E+06	1.0E+14	87.5

En consecuencia, para nuestro caso se recomienda estimar el CBR con el percentil 75 de los valores de CBR ordenados.

En la Tabla 46 se presentan los cálculos del CBR característico:

Tabla 46. Cálculo del CBR característico

CBR (%)	CBR ordenado de menor a mayor (%)	Valores mayores o iguales	% de valores mayores
4.30	0.90	3	100.00
0.90	2.90	2	66.67
2.90	4.30	1	33.33

De esta manera, se obtiene un CBR característico de 2.40 %.

Para la estimación del módulo resiliente de la subrasante, se utiliza la siguiente correlación propuesta por la AASHTO 93:

$$M_R = 1500 * CBR$$

Ecuación 28

Dónde:

MR = Módulo resiliente (psi)

CBR = Valor de CBR característico (%).

Se obtiene un módulo resiliente de 3600 psi o lb/pulg².

Finalmente, se realiza la caracterización de la subrasante para determinar la necesidad de mejoramiento de la misma. En la Tabla 47 se exponen las recomendaciones del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú para distintas categorías de subrasante:

Tabla 47. Categorías de subrasante según el CBR (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2014)

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	De CBR ≥ 30%

De acuerdo a las recomendaciones antes descritas se deberá realizar el mejoramiento de la subrasante dado que se clasifica como subrasante inadecuada (CBR<3%). El mejoramiento se plantea con la sustitución del suelo de subrasante con material seleccionado o material de mejoramiento.

4.5 Características Generales de la Zona

4.5.1 *Clima*

La temperatura en Yunquil oscila desde los 12°C en la parte alta hasta los 22°C en la parte baja de la misma. Las precipitaciones oscilan desde los 250 mm hasta los 750 mm durante el año.

El clima de la zona es muy variado lo cual faculta el cultivo de varios productos que luego son comercializados en a los mercados locales y regionales. Las precipitaciones alcanzan valores entre 50 a 600 milímetros; la época de lluvia se comprende entre los meses noviembre a mayo; la humedad relativa oscila de 81 a 88%. Estos datos fueron obtenidos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Sebastián de Yúluc correspondiente al año 2020.

4.5.2 *Información geológica y geomorfológica*

La sierra ecuatoriana se encuentra dividida por la Cordillera de los Andes obteniéndose como producto dos regiones geológicamente diferenciadas: hacia el noreste podemos encontrar rocas metamórficas, mientras que al noroeste se presentan sedimentos volcánicos y rocas sedimentarias. Hacia el sureste la morfología es más uniforme, pero muy distinta a la zona suroeste del país en donde se pueden encontrar suelos metamórficos de la era pre-mesozoica, sobrepuesta por rocas volcánicas y sedimentarias del cretácico.

En el sector Yunquil subyacen las formaciones que se muestran en la Tabla 48. Los datos fueron obtenidos del plan de ordenamiento territorial de la parroquia San Sebastián de Yúluc, correspondiente al período 2014 – 2019.

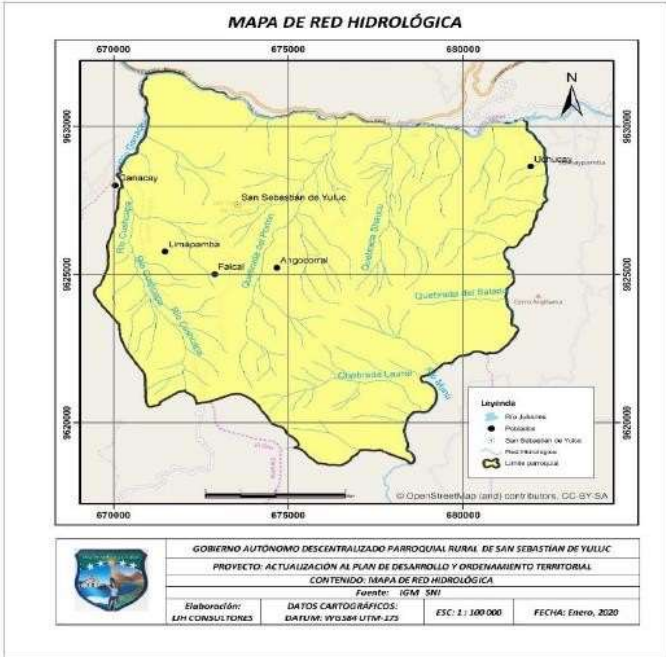
Tabla 48. Tipos de formaciones que subyacen en la zona

Formación	Características
Formación Grupo Ayancay	Consiste en las formaciones Mangan (Mioceno) y Santa Rosa (Plioceno) subyace al grupo Azogues en la cuenca de Cuenca, pero también recubre otras rocas fuera de la cuenca. El espesor total del grupo Ayancay sobrepasa los 2.500 metros y la fauna incluye neocorbicula, aylacostoma, pyrgulifera y otros.
Formación volcánicos Saraguro	Secuencia de lavas andesíticas y piroclásticas recubiertas por la formación Chinchilla (Loja — Saraguro) que incluye lavas de andesíticas ariolíticas con escaso piroclásticos. La potencia total del grupo sobrepasa los 1.500 metros (loma blanca), quizá alcanza hasta los 2.000 metros (Saraguro Chinchillo), y esta recubierto por sedimentos del Mioceno inferior a medio en algunas cuencas intermontañas, pero está cubierto principalmente por volcánicos más jóvenes.
Formación Chinchillo	Los cerros más altos de Fierro Urco consisten en lavas con pocas carpas de piro clastos. Las lavas son riolitas y andesitas con abundantes fenocristales de cuarzo; en las primeras hay mucha solidificación asociada con mineralización alrededor del Fierro Urco. La formación Chinchilla descansa discordantemente sobre la formación Piñón. La geomorfología de la parroquia San Sebastián de Yuluc esta subdividida en cuatro categorías: las colinas medianas representan el 1,71% de la superficie de la parroquia y ocupan una superficie de 198,23 hectáreas. El relieve escarpado representa un 31,05% (3592,82Ha), el relieve montañoso representa el 38,79% (4487,14 Ha) y, finalmente, las vertientes irregulares representan el 28,43% (3.289,42Ha)

4.5.3 Hidrografía y microcuencas

Yunquil forma parte de la cuenca alta del Río Jubones. Pertenece a la subcuenca del Río León, existiendo las siguientes microcuencas: Quebrada Shaucu, Quebrada del Laurel, río Cushcapa, Quebrada del Salado, Quebrada del Portón y río Ganacay.

Ilustración 43. Carta Topográfica: Mapa de red hidrológica



4.6 Metodología de cálculo de la estructura de Pavimento

Para el diseño de pavimentos flexibles el método de la AASHTO 1993 se emplea la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(MR) - 8.07 \quad (\text{Ecuación 29})$$

Esta fórmula debe ser empleada para el dimensionamiento de cada una de las capas del pavimento flexible. A continuación, se describe cada parámetro empleado en esta ecuación

4.6.1 Confiabilidad (R) y desviación Estándar Normal (ZR)

La confiabilidad se refiere al grado de certidumbre que se requiere para que una determinada estructura pueda llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. Este valor es definido de acuerdo con el tipo de vía, así como de la zona, pudiendo ser esta urbana o rural, como se muestra en la Tabla 49:

Tabla 49. Confiabilidad (R) (AASHTO 1993)

Tipos de carretera	Niveles de confiabilidad	
	Urbana	Rural
Autopista y carreteras importantes	85 - 99.9	85 - 99.9
Arterias principales	80 - 90	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

En nuestro caso, al tratarse de una vía local, se adopta un valor de confiabilidad de 80%.

Mientras que el coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (ZR) representa el valor de la confiabilidad seleccionada para un conjunto de datos en una distribución normal.

4.6.2 Error Estándar (So)

La Desviación Estándar Combinada (So) es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; por ejemplo, construcción, medio ambiente e incertidumbre del modelo. La metodología AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles un valor de So de 0.35.

4.6.3 Número estructural por capa (SN)

El número estructural es un término empleado en la metodología AASHTO 1993 el cual representa el aporte estructural mínimo necesario que debe proveer la estructura del pavimento sobre yacente a la capa analizada, considerando su Módulo Resiliente para soportar las cargas del tránsito vehicular. El cálculo del número estructural de las capas del pavimento flexible se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}SN_1 &= a_1 * D_1 \\SN_2 &= SN_1 + a_2 * D_2 * m_2 \\SN_3 &= SN_2 + a_3 * D_3 * m_3\end{aligned}$$

En donde:

SN_1 = Número estructural mínimo requerido a nivel
de la capa de base granular

SN_2 = Número estructural mínimo requerido a nivel
de la capa de Mejoramiento

SN_3 = Número estructural mínimo requerido a nivel
de la Subrasante Natural

En donde:

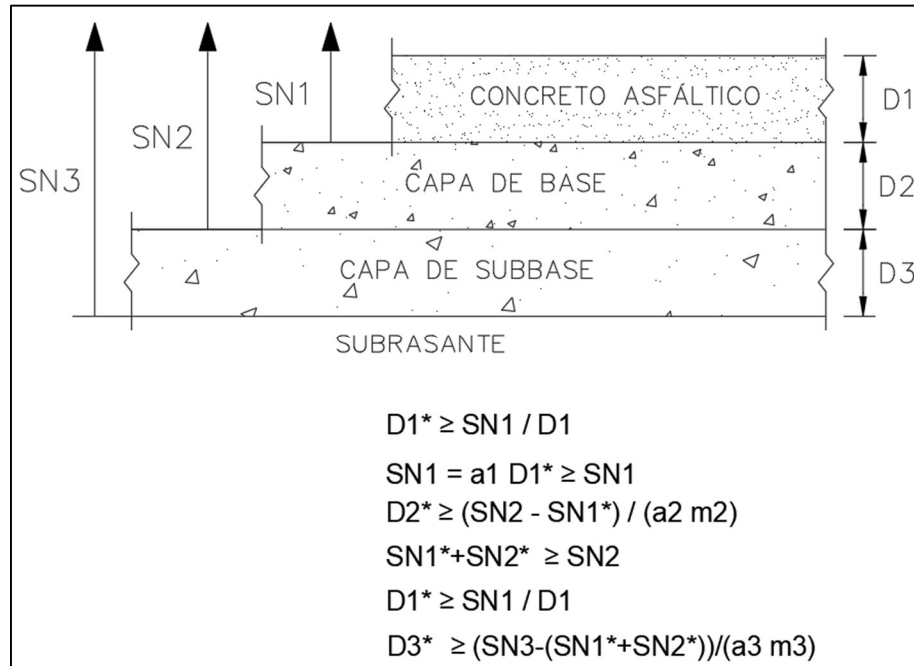
a_i = coeficiente estructural de cada capa dependiendo del tipo de material.

m_i = coeficiente de drenaje para cada capa.

D_i = espesor de las diferentes capas.

En la Ilustración 44 se observa el procedimiento de análisis para los espesores de cada una de las capas y a continuación se detalla la metodología para la determinación de los valores a adoptar para los coeficientes antes mencionados.

Ilustración 44. Procedimiento de análisis para determinar espesores de las capas del pavimento (AASHTO 1993)



4.6.3.1 Coeficiente estructural (a_i) y características de los materiales de la estructura

4.6.3.1.1 Material de mejoramiento

Las características de material de mejoramiento a utilizarse en proyectos viales se encuentran establecidas en las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002) en donde se especifica que este material debe tener un valor de CBR no menor al 20%.

Para la obtención del módulo resiliente del material de mejoramiento se emplea la siguiente correlación y un CBR normado por el MTOP del 20%.

$$Mr = 4326 \times \ln (CBR) + 241$$

Con lo cual se obtiene un valor de $Mr = 13201$ psi.

Para obtener el coeficiente de capa (a_i) de la capa de material de mejoramiento se utiliza la Tabla 50 elaborada en función de los lineamientos y recomendaciones de la metodología AASHTO 93.

Se escoge para material de mejoramiento un valor de 0.035. A este valor debemos convertirlo de pulgadas a centímetros para que pueda ser incluido en la metodología aplicada, por lo cual se obtiene un valor de coeficiente de capa $a_i = 0.09$ para el material de mejoramiento.

Tabla 50. Coeficientes de capas diseño estructural de pavimentos flexibles, basados en la normativa AASHTO. (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1993)

Coeficiente de capas - Método AASHTO 1993		
Tipo de material	Normas aplicativas	Coeficiente de capa
Arena o suelo seleccionado	P. I. 0 - 10	0.020 - 0.035
Suelo con cal	3% mín. de cal en peso de los suelos	0.028 - 0.039

4.6.3.1.2 Material de Subbase

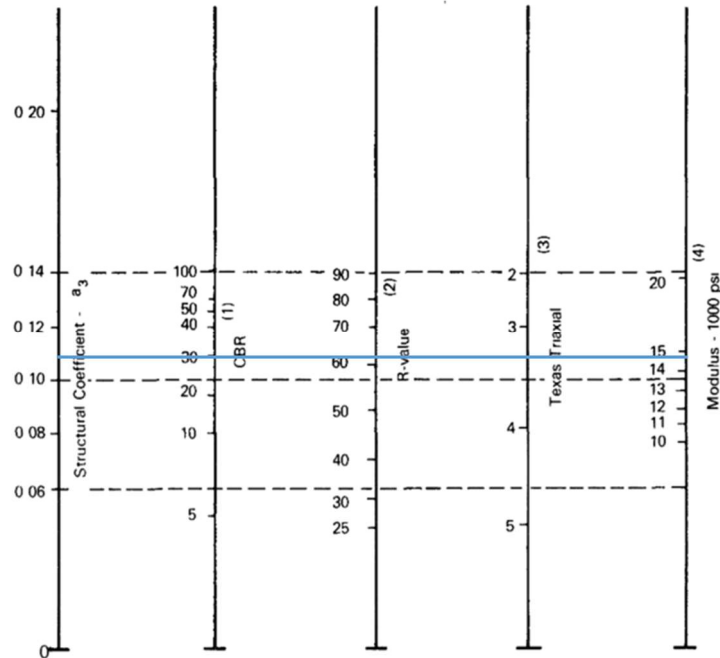
El mínimo valor de CBR para el material de Subbase, de acuerdo con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del año 2002, es el mostrado en la Tabla 51.

Tabla 51. Valor mínimo de CBR para material de subbase

Material	CBR especificación MTOP %
SUBBASE	30

Para la obtención del módulo resiliente del material de Subbase se aplica el gráfico mostrado a continuación (Ilustración 45) propuesto por la metodología AASHTO 1993, de donde se obtiene un MR de 15000 psi o lb/pulg².

Ilustración 45. Ábaco para la obtención de Módulo Resiliente y coeficiente estructural de la Subbase.



4.6.3.1.3 Material de Base

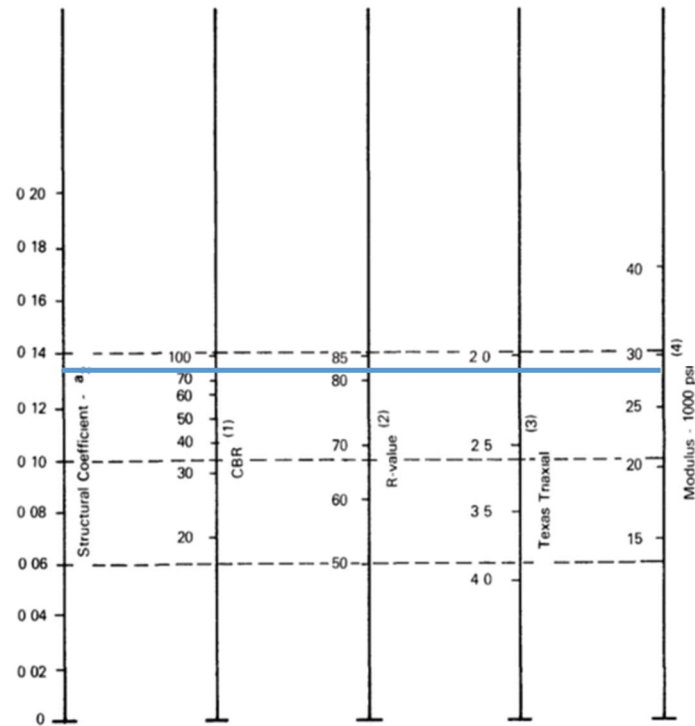
El mínimo valor de CBR para el material de Subbase, de acuerdo con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del año 2002, es el mostrado en la Tabla 52.

Tabla 52. Valor mínimo de CBR para material de base

Material	CBR especificación MTOP %
Base	80

Para la obtención del módulo resiliente del material de Base se aplica el gráfico mostrado a continuación (Ilustración 46) propuesto por la metodología AASHTO 1993, de donde se obtiene un MR de 29000 psi o lb/pulg².

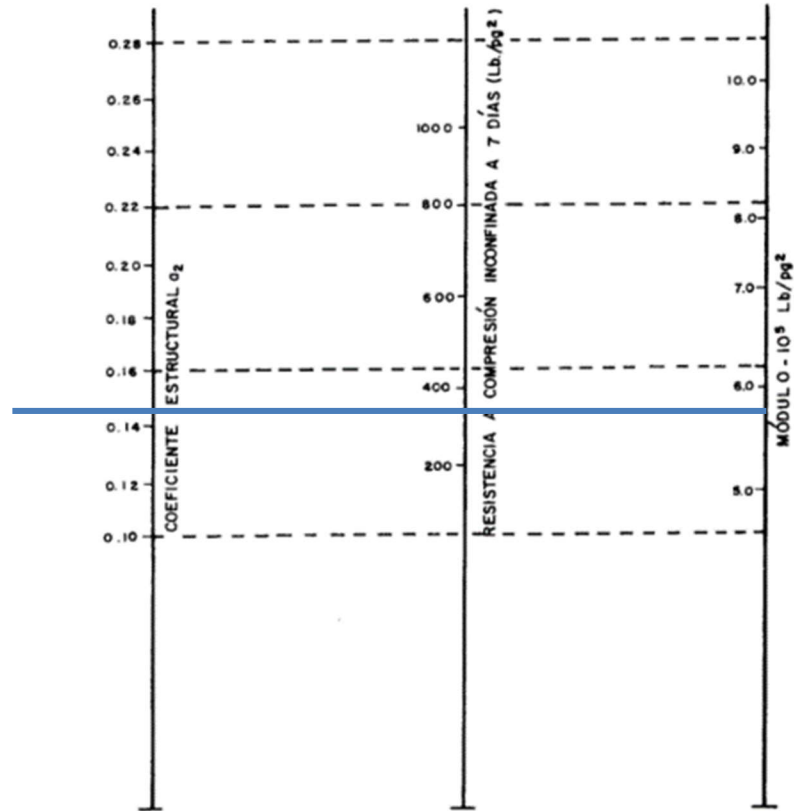
Ilustración 46. Ábaco para la obtención de Módulo Resiliente y coeficiente estructural del material de Base



4.6.3.1.4 Base estabilizada con cemento

Dado que una de las alternativas de diseño de la estructura del pavimento incluye un tipo de capa de rodadura con doble tratamiento superficial bituminoso (D.T.S.B.), el cual tiene un aporte estructural mínimo o casi nulo, se ha considerado el empleo de una capa de material de Base estabilizada con cemento. La Normativa (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003) recomienda que este tipo de material mantenga una resistencia a compresión simple de 35 kg/cm^2 (497.8 lb/pulg^2) medida a los 7 días. Con este valor se obtiene el coeficiente estructural de capa “a2” de 0.172 y un módulo resiliente de 650000 psi, en función de la Ilustración 47, propuesto en la metodología AASHTO 93 para bases estabilizadas con cemento.

Ilustración 47. Ábaco para la obtención de Módulo Resiliente y coeficiente estructural de la Base Estabilizada con Cemento.



4.6.3.1.5 Doble Tratamiento Superficial

Para el doble tratamiento superficial, considerando que es una capa de impermeabilización y cobertura, y que no representa un aporte estructural a la estructura del pavimento, no se obtiene elementos de resistencia o deformación. Lo señalado se puede comprobar en el Manual de carreteras de Perú en el cual no se asigna un coeficiente estructural de capa, como se muestra en la Tabla 53:

Tabla 53. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento *ai* (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2014)

Componente del pavimento	Coeficiente	Valor coeficiente estructural (cm)	Observación
Capa superficial			
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 500.000 EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado del vehículo.

De esta manera se obtienen los valores para coeficiente estructural que se muestran en la Tabla 54:

Tabla 54. Coeficientes estructurales por capa

Capa	Coeficiente de capa (<i>ai</i>)
Doble tratamiento superficial	---
Base estabilizada con cemento	0.145
Base	0.137
Subbase	0.11
Material de mejoramiento	0.09

4.6.3.2 Coeficiente de drenaje (m)

La metodología AASHTO 1993 establece los valores que se deben adoptar para el coeficiente de drenaje de acuerdo con las condiciones de exposición a las cuales está sometida la estructura de pavimento, así como la calidad de drenaje que presenta cada capa del pavimento dependiendo del tipo de material. Los valores se muestran en las tablas: Tabla 55 y Tabla 56.

Tabla 55. Calidad de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no se evacúa

Tabla 56. Coeficiente de drenaje (m)

Calidad de drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximo a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Para la vía en estudio se considera, para cada capa, descritas de abajo hacia arriba, los siguientes coeficientes de drenaje:

- Para el material de mejoramiento se escoge un coeficiente de drenaje $m_3 = 0.80$ considerando una calidad de drenaje aceptable y un tiempo de exposición a la saturación del 25%. Esto se justifica en que el material de mejoramiento mantiene contacto directo con la subrasante que presenta límites líquidos superiores a 50%, que denotan una alta plasticidad, y, por lo tanto, la permeabilidad será baja para poder drenar (1 semana). Se asume 25% dado que en esta región de manera general se experimentan 3 meses de intensas lluvias que corresponde al 25% del año.

- Para las capas de Base y Subbase se adopta un coeficiente de drenaje (m2) de 1.00 basado en una calidad de drenaje bueno por la permeabilidad que presenta esta capa (esto ocurre por el bajo contenido de finos que tiene) combinado con un porcentaje de tiempo expuesto a la saturación del 25%.
- Para la base estabilizada con cemento se adopta un coeficiente de drenaje (m3) de 1.20 basado en una calidad de drenaje excelente (al estar estabilizada con cemento presenta una cierta impermeabilidad) y un porcentaje de tiempo expuesto a la saturación del 25%.

4.6.4 *Módulo Resiliente (MR)*

Corresponde a los valores de Módulo Resiliente, establecidos previamente para cada tipo de material en el presente informe.

4.6.5 *Pérdida de Serviciabilidad*

Este valor se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta Psi = P_o - P_t$$

En dónde

P_o: Nivel de servicio Inicial

P_t: Nivel de servicio Final

ΔPsi : Pérdida de Serviciabilidad

Los valores de nivel de servicio final, “P_t”, recomendados por la metodología AASHTO 1993 son los mostrados en la Tabla 57.

Tabla 57. Valores recomendados de servicio final P_t según el tipo de vía.

Tipo de vía	Nivel de servicio final, P _t
Vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico	3.0
Vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, o autopistas interurbanas	2.5
Vías locales, ramales, secundarias y agrícolas	2.0

El nivel de servicio inicial recomendado por la metodología AASHTO 1993 para pavimentos flexibles es $P_o = 4.2$.

4.7 Cálculo de Espesores de las capas del pavimento

En la Tabla 58 se muestra un resumen de los valores antes descritos, los cuales intervienen en la Ecuación 29 para el cálculo de los espesores de las capas de la estructura del pavimento.

Tabla 58. Resumen de parámetros establecidos para el cálculo de la estructura de pavimento.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR METODO DE LA ASSHTO 1993				
No. Repeticiones (ESALs o W18)	Etapa 1	92371		
	Etapa 2	196903		
Confiabilidad	Confiabilidad	80.00%		
	Zr	-0.84		
Desviación Estándar	So	0.35		
Parámetros de resistencia de los materiales	Material	CBR (%)	Mr (psi)	Coef. Dren. "m"
	Subrasante	2.40	3600	---
	Mejoramiento	20.00	13201	0.8
	Subbase	30.00	15000	1
	Base	80.00	29000	1
	Base estabiliz. Cem.	---	580000	1.2
Pérdida de Serviciabilidad	Carpeta asf.	---	400000	---
	Po	4.2		
	Pt	2		
	Δ PSI	2.2		

Aplicando la metodología antes descrita para el cálculo de la estructura de pavimento se han determinado tres (3) alternativas para los espesores de las capas de pavimento, como se indica a continuación:

4.7.1 Alternativa 1

Para la alternativa 1 se ha considerado un diseño de la estructura de pavimento en 2 etapas, como se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59. Cálculos de espesores de las capas de la estructura de pavimento, alternativa 1

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL						
Parámetro fórmula	Etapa 1 (2023 – 2033)			Etapa 2 (2033 – 2043)		
	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Mr capa	13201	29000	400000	13201	29000	400000
Zr * So	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29
$9.36 \cdot \log_{10}(SN+1)$	5.33	3.98	3.18	5.68	4.32	3.51
-0.2	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20
$\log_{10}(\Delta PSI / (4.2-1.5)) / (0.4+1094/(SN+1)^{5.19})$	-0.06	-0.01	0.00	-0.08	-0.02	-0.01
$2.32 \cdot \log_{10}(MR) - 8.07$	0.18	1.49	2.28	0.18	1.49	2.28
SN	2.72	1.66	1.19	3.05	1.89	1.37
CALCULO DE ESPESORES						
PARÁMETRO	Etapa 1 (2023 – 2033)			Etapa 2 (2033 – 2043)		
	SN3	SN2	SN1	SN3	SN2	SN1
	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Coefficiente estructural (ai)	0.09	0.14	0.42	0.09	0.14	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	0.80	1.00	---	0.80	1.00	---
Número estructural SN1 = a1*D1 SN2 = SN1 + a2*m2*D2 SN3 = SN2 + a3*m3*D3	2.72	2.07	1.26	2.93	2.28	1.47
Espesor adoptado D1', D2', D3'	23.00 cm	15.00 cm	3.0 pulg.	23.00 cm	15.00 cm	4.0 pulg.
SN corregido	2.72	2.07	1.26	3.14	2.49	1.68
Comprobación	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Como se puede observar en la etapa 1 se determina una estructura de pavimento con 3 capas. La primera de espesor de 23 centímetros de material de mejoramiento, sobre la cual se asienta la segunda capa de espesor de 15 centímetros de material de Base y finalmente una carpeta asfáltica de 3.0 pulgadas. Como se indicó en párrafos anteriores, esta primera etapa tiene un período de proyección de 10 años comprendidos entre el año 2023 al 2033.

Para la segunda etapa se determina la necesidad de la colocación de una carpeta asfáltica de 1.0 pulgadas para obtener una capa de rodadura final de 4.0 pulgadas. De todas maneras, se recomienda que al final de la primera etapa se realice un análisis estructural del pavimento con el objeto de determinar las condiciones de “vida remanente” de la estructura. De esta manera, se podrá establecer con mayor precisión la estructura necesaria a construirse para la segunda etapa.

4.7.2 Alternativa 2

Para la alternativa 2 se ha considerado el diseño de una única estructura del pavimento, es decir, en el período comprendido entre el año 2023 al año 2043 (20 años de vida útil), cuyos valores se muestran en la Tabla 60.

Tabla 60. Cálculos de espesores de las capas de la estructura de pavimento, alternativa 2

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL			
Parámetro fórmula	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Mr capa	13201	29000	400000
Zr * So	-0.29	-0.29	-0.29
$9.36 * \log_{10}(SN+1)$	5.68	4.32	3.51
-0.2	-0.20	-0.20	-0.20
$\log_{10}(\Delta PSI / (4.2-1.5)) / ((0.4+1094/(SN+1)^{5.19}))$	-0.08	-0.02	-0.01
$2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$	0.18	1.49	2.28
SN	3.05	1.89	1.37
CALCULO DE ESPESORES			
PARÁMETRO	SN3	SN2	SN1
	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Coefficiente estructural (ai)	0.09	0.14	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	0.80	1.00	---
Número estructural SN1 = a1*D1 SN2 = SN1 + a2*m2*D2 SN3 = SN2 + a3*m3*D3	3.05	1.89	1.37
Espesor adoptado D1', D2', D3'	28.00 cm	15.00 cm	3.5 pulg.
SN corregido	3.07	2.28	1.47
Comprobación	Cumple	Cumple	Cumple

4.7.3 Alternativa 3

Para la alternativa 3 se ha considerado el diseño de la estructura del pavimento en dos etapas, como se muestra en la Tabla 61.

Tabla 61. Cálculos de espesores de las capas de la estructura de pavimento, alternativa 3

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL						
Parámetro fórmula	Etapa 1 (2023 – 2033)			Etapa 2 (2033 – 2043)		
	Subbase	Base estabilizada con cemento	D.T.B.S.	Mejoramiento	Base estabilizada con cemento	Carpeta asf.
Mr capa	15000	580000		15000	580000	400000
Zr * So	-0.29	-0.29		-0.29	-0.29	-0.29
$9.36 \cdot \log_{10}(SN+1)$	5.33	3.85		5.68	4.19	0.49
-0.2	-0.20	-0.20		-0.20	-0.20	-0.20
$\log_{10}(\Delta PSI / (4.2-1.5)) / ((0.4+1094/(SN+1)^{5.19}))$	-0.06	-0.01		-0.08	-0.02	0.00
$2.32 \cdot \log_{10}(MR)-8.07$	0.18	1.49		0.18	1.49	2.28
SN	2.72	1.58		3.05	1.80	0.13
CALCULO DE ESPESORES						
PARÁMETRO	Etapa 1 (2023 – 2033)			Etapa 2 (2033 – 2043)		
	SN3	SN2		SN3	SN2	SN1
	Subbase	Base estabilizada con cemento	D.T.B.S.	Subbase	Base estabilizada con cemento	Carpeta asf.
Coefficiente estructural (ai)	0.11	0.21		0.11	0.21	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	1.00	1.20		1.00	1.20	---
Número estructural SN1 = a1*D1 SN2 = SN1 + a2*m2*D2 SN3 = SN2 + a3*m3*D3	2.72	1.58		3.05	1.80	0.13
Esesor adoptado D1', D2', D3'	27.00 cm	16.00 cm	D.T.S.B.	27.00 cm	16.00 cm	1.0 pulg.
SN corregido	2.76	1.59		3.18	2.01	0.42
Comprobación	Cumple	Cumple		Cumple	Cumple	Cumple

Como se puede observar, en la etapa 1 se determina una estructura de pavimento con 2 capas: la primera de espesor de 27 centímetros de material de Subbase, sobre la cual se asienta la segunda capa de espesor de 16 centímetros de material de Base Granular estabilizada con cemento, y, finalmente, se recomienda la construcción de una capa de Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (D.T.B.S.) que proteja la capa de rodadura de la estructura de pavimento, dado que la misma estaría conformada solamente por material de Base Granular. Como se indicó anteriormente, esta primera etapa tiene un período de proyección de 10 años comprendidos entre el año 2023 al 2033.

Para la segunda etapa se determina la necesidad de la colocación de una carpeta asfáltica de 1.0 pulgadas de espesor.

4.8 Rehabilitación y Mantenimiento

Para establecer el tipo de mantenimiento rutinario e intervenciones se utiliza el manual de carreteras del Perú, sección suelos y pavimentos, que estipula lo siguiente:

- Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
- Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuará al menos una medición cada cuatro años.
- Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos (a cada 3 a 4 años)

5. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente estudio se han obtenido las siguientes conclusiones:

- En los sectores rurales se evidencia la falta de aprovechamiento de los recursos naturales. En este caso la actividad agrícola sufre debido a la escasez de recursos económicos y la falta de atención por parte de grupos financieros que permita impulsar los proyectos potenciales de los moradores.
- La generación de proyectos energéticos, como el Proyecto Eólico Minas de Huascachaca, representa una oportunidad para el desarrollo de las comunidades aledañas a varios niveles, de manera que estos se vuelven un poco más sustentables al generar varios beneficios de tipo económico y social.
- En sectores rurales, la infraestructura vial requiere de mayor atención por parte de los gobiernos locales y sectoriales. Una mejora en este tipo de obras representa un gran impulso para las actividades económicas, así como para el nivel de vida de los habitantes.
- La implementación del presente proyecto tiene un gran potencial como motor dinamizador de la economía local por los impactos positivos en la producción agrícola, una de las actividades regionales más importantes. Poseer una infraestructura permitirá el transporte de dichos productos mediante el uso de vehículos motorizados.

6. RECOMENDACIONES

Al finalizar el presente estudio se realizan las siguientes recomendaciones:

- Generar más proyectos aplicando una modalidad similar a la implementada en este estudio. De este modo, se permite la participación de jóvenes profesionales en proyectos de aplicación directa en la sociedad.
- Gestionar nuevos convenios como el que se encuentra firmado entre la Universidad de Cuenca y la empresa ELECAUSTRO SA. El presente convenio se ha constituido en una herramienta muy valiosa que permite hacer posibles proyectos deseados por los moradores que suponen altos costos por la naturaleza propia del estudio.
- Gestionar los recursos necesarios para la implementación de este proyecto, ya que mejorará las condiciones de comercialización de los productos agrícolas, implicando un impacto positivo en este sector de la economía local.

7. Bibliografía

- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (1993). *Guide For Design of Pavemente Structures*. New York, Washington D.C, EEUU.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. (2018). *Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C.
- Araujo Navarro, W. (2014). *Ecuaciones de correlacion del CBR con propiedades indice de suelos para la ciudad de Piura*. Piura, Perú.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, D.C.: Ecoe Ediciones.
- GAD parroquial de San Sebastián de Yúluc. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Sebastián de Yúluc*. Loja.
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador. (2021). *Geoportal IGM*. Obtenido de <http://www.geoportalignm.gob.ec>
- Instituto Nacional de Vías de Colombia. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2003). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, M. (2002). *Especificaciones generales para la*

construcción de Caminos y Puentes. Quito.

Petroecuador. (2019). *Informe estadístico Ep Petroecuador*. Obtenido de <http://www.eppetroecuador.ec>

Rico, A., & Del Castillo, H. (1984). *Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México D. F.: Editorial Limusa.

8. Anexo 1. Cálculos del Diseño Geométrico de la Carretera.

ANEXO 1.1 ELEMENTOS DE LA ALINEACIÓN HORIZONTAL

PI #	DATOS DE TANGENTES Y PI'S				DATOS DE CURVAS CIRCULARES							DATOS DE CURVAS ESPIRALES						COMPROBACIÓN TANGENTE INTERMEDIA				COMPROB. FINAL	
	Orientación	Azimut	Dist. Horiz.	Abscisa PI	Dir. Curva	Radio asumido	Requiere transición	Long. Tangente	Longitud de Curva	Pc	Pt	Rc	Tangente de la curva espiral	Le	TE	EC	CE	ET	Peralte (%)	Long. Transición peralte	Tangente intermedia mín.		Tangente intermedia existente
INICIO																							
1	S15° 40' 19"W	195.67	159.76																			138.3	Cumple
				0+159.76	I	200		21.46	42.75	138.30	181.05								1.006	3.9			
2	S3° 25' 31"W	183.43	94.37																		27	52.1	Cumple
				0+253.97	I	100		20.81	41.04	233.15	274.19								1.945	7.5			
	S20° 05' 16"E	159.91	256.05																		27	210.0	Cumple
				0+509.43	I	200		25.25	50.24	484.17	534.41								1.006	3.9			
4	S34° 28' 53"E	145.52	187.71																		24.6	122.1	Cumple
				0+696.87	D	200		40.40	79.73	656.47	736.20								1.006	3.9			
	S11° 38' 23"E	168.36	130.83																		28.53	59.9	Cumple
				0+826.63	D	75		30.50	57.94	796.13	854.07								2.533	9.8			
6	S32° 37' 13"W	212.62	112.66																		32.47	34.1	Cumple
				0+936.23	I	75		48.03	85.44	888.20	973.64								2.533	9.8			
	S32° 39' 15"E	147.35	163.05																		29.33	86.1	Cumple
				1+088.66	I	150		28.96	57.22	1059.70	1116.92								1.327	5.1			
	S54° 30' 42"E	125.49	112.38																		27	37.8	Cumple
				1+200.34	I	120		45.59	87.14	1154.75	1241.88								1.639	6.3			
	N83° 52' 56"E	83.88	220.20																		28.6	80.3	Cumple
				1+416.50	D	100		94.28	151.19	1322.22	1473.41								1.945	7.5			
	S9° 29' 30"E	170.51	180.74																		31.33	44.3	Cumple
				1+559.87	I	70		42.18	75.92	1517.69	1593.61								2.696	10.4			
	S71° 37' 56"E	108.37	193.31																		31.87	108.8	Cumple
				1+744.75	D	90		42.38	79.22	1702.37	1781.59								2.144	8.3			
	S21° 11' 55"E	158.80	156.04																		24.93	46.7	Cumple
				1+895.25	I	30	SI	53.02				30	66.97	25	1+828.28	1+853.28	1+891.63	1+916.63	5.431	21			
	N37° 48' 34"E	37.81	121.16																		19.4	19.8	Cumple
				1+970.82	D	35	SI					35	34.36	20	1+936.46	1+956.46	1+978.62	1+998.62	4.839	18.7			
	S73° 10' 34"E	106.82	107.96																		24.93	55.9	Cumple
				2+072.22	I	90		17.66	34.87	2054.57	2089.44								2.144	8.3			
	N84° 37' 27"E	84.62	93.03																		30.47	37.6	Cumple
				2+164.81	I	90		37.73	71.46	2127.08	2198.54								2.144	8.3			
	N39° 08' 03"E	39.13	189.38																		31.87	89.8	Cumple
				2+350.18	D	70		61.84	101.30	2288.34	2389.65								2.696	10.4			
	S57° 56' 48"E	122.05	146.54																		30	69.1	Cumple
				2+474.34	I	140		15.63	31.14	2458.71	2489.85								1.417	5.5			
	S70° 41' 26"E	109.31	73.07																		28.07	33.2	Cumple
				2+547.28	I	100		24.20	47.48	2523.08	2570.56								1.945	7.5			
	N82° 06' 14"E	82.10	135.43																		31.8	91.9	Cumple
				2+681.80	I	65		19.29	37.50	2662.51	2700.01								2.880	11.1			
	N49° 02' 54"E	49.05	80.01																		26.8	28.2	Cumple
				2+760.73	D	50	SI					50	32.55	20	2+728.18	2+748.18	2+770.31	2+790.31	3.619	14			
	S82° 40' 10"E	97.33	163.28																		23.6	111.5	Cumple
				2+921.05	D	120		19.24	38.15	2901.81	2939.96								1.639	6.3			
	S64° 27' 16"E	115.55	142.31																		23.6	89.2	Cumple
				3+063.03	I	35	SI					35	33.84	20	3+029.19	3+049.19	3+070.64	3+090.64	4.839	18.7			
	N47° 41' 11"E	47.69	84.43																		19.4	22.0	Cumple
				3+141.24	D	55	SI					55	28.63	20	3+112.61	3+132.61	3+148.37	3+168.37	3.335	12.9			
	N84° 56' 42"E	84.95	78.38																		19.4	20.6	Cumple
				3+218.12	I	55	SI					55	29.11	20	3+189.01	3+209.01	3+225.63	3+245.63	3.335	12.9			
	N46° 47' 56"E	46.80	113.17																		19.4	32.6	Cumple
				3+329.69	D	35	SI					35	51.47	20	3+278.22	3+298.22	3+338.66	3+358.66	4.839	18.7			

ANEXO 1.1 ELEMENTOS DE LA ALINEACIÓN HORIZONTAL

PI #	DATOS DE TANGENTES Y PI'S				DATOS DE CURVAS CIRCULARES							DATOS DE CURVAS ESPIRALES						COMPROBACIÓN TANGENTE INTERMEDIA				COMPROB. FINAL		
	Orientación	Azimut	Dist. Horiz.	Abscisa PI	Dir. Curva	Radio asumido	Requiere transición	Long. Tangente	Longitud de Curva	Pc	Pt	Rc	Tangente de la curva espiral	Le	TE	EC	CE	ET	Peralte (%)	Long. Transición peralte	Tangente intermedia mín.		Tangente Intermedia existente	
	S34° 15' 04"E	145.75	162.39																		22	103.5	Cumple	
26	S38° 28' 15"E	141.53	354.06	3+469.58	I	200		7.37	14.73	3462.21	3476.94									1.006	3.9	28.13	303.9	Cumple
27				3+823.63	I	80		42.82	78.63	3780.81	3859.45									2.389	9.2			
28	N85° 12' 47"E	85.21	335.86	4+152.48	D	40	SI					40	104.72	20	4+047.77	4+067.77	4+141.17	4+161.17	4.355	16.9	25.53	188.3	Cumple	
	S39° 00' 22"W	219.01	174.97																			19.4	22.3	Cumple
29				4+231.42	I	40	SI					40	47.96	20	4+183.45	4+203.45	4+243.81	4+263.81	4.355	16.9				Cumple
	S47° 26' 34"E	132.56	175.06																			23.33	70.6	Cumple
30				4+390.90	I	130		56.48	106.56	4334.42	4440.98									1.520	5.9			
	N85° 35' 39"E	85.59	137.09																			28.33	65.9	Cumple
31				4+521.60	I	100		14.71	29.21	4506.89	4536.10									1.945	7.5			
	N68° 51' 23"E	68.86	99.11																			28.33	37.7	Cumple
32				4+620.50	D	130		46.66	89.59	4573.84	4663.43									1.520	5.9			
	S71° 39' 30"E	108.34	134.26																			27.27	45.3	Cumple
33				4+751.04	D	130		42.35	81.88	4708.68	4790.57									1.520	5.9			
	S35° 34' 07"E	144.43	117.51																			27.27	52.0	Cumple
34				4+865.72	I	130		23.17	45.85	4842.56	4888.41									1.520	5.9			
	S55° 46' 41"E	124.22	102.34																			25.4	42.7	Cumple
35				4+967.58	I	250		36.50	72.49	4931.08	5003.57									0.810	3.1			
	S72° 23' 31"E	107.61	261.35																			28.87	49.4	Cumple
36				5+228.42	D	65		175.49	158.09	5052.93	5211.02									2.880	11.1			
	S66° 57' 34"W	246.96	262.45																			29.4	61.8	Cumple
37				5+297.98	D	200		25.11	49.96	5272.87	5322.83									1.006	3.9			
	S81° 16' 18"W	261.27	127.98																			26.2	90.4	Cumple
38				5+425.70	I	120		12.42	24.76	5413.27	5438.03									1.639	6.3			
	S69° 27' 00"W	249.45	139.86																			26.8	110.0	Cumple
39				5+565.47	D	160		17.46	34.78	5548.01	5582.79									1.247	4.8			
	S81° 54' 22"W	261.91	127.69																			27.2	62.6	Cumple
40				5+693.02	I	110		47.60	89.85	5645.42	5735.27									1.779	6.9			
	S35° 06' 24"W	215.11	220.32																			25.33	114.5	Cumple
41				5+907.99	D	400		58.24	115.67	5849.75	5965.41									0.512	2			
	S51° 40' 29"W	231.67	175.08																			28.13	99.1	Cumple
42				6+082.25	I	65		17.71	34.57	6064.55	6099.12									2.880	11.1			
	S21° 11' 55"W	201.20	175.50																			28.87	141.9	Cumple
43				6+256.91	D	250		15.93	31.82	6240.98	6272.80									0.810	3.1			
	S28° 29' 27"W	208.49	97.51																			28.87	74.7	Cumple
44				6+354.39	D	65		6.90	13.75	6347.49	6361.23									2.880	11.1			
	S40° 36' 37"W	220.61	56.55																			34.2	35.3	Cumple
45				6+410.89	I	65		14.36	28.27	6396.52	6424.79									2.880	11.1			
	S15° 41' 27"W	195.69	70.11																			29.4	36.3	Cumple
46				6+480.54	D	200		19.48	38.84	6461.06	6499.90									1.006	3.9			
	S26° 48' 59"W	206.82	91.48																			22	37.5	Cumple
47				6+571.90	I	35	SI					35	34.54	20	6+537.36	6+557.36	6+579.76	6+599.76	4.839	18.7				Cumple
	S42° 35' 37"E	137.41	73.88																			26.8	29.4	Cumple
48				6+639.10	D	65		9.95	19.75	6629.14	6648.90									2.880	11.1			
	S25° 11' 00"E	154.82	239.20																			29.2	190.1	Cumple
49				6+878.15	D	220		39.19	77.57	6838.96	6916.52									0.918	3.6			
	S4° 58' 57"E	175.02	96.91																			25	35.9	Cumple
50				6+974.24	I	160		21.77	43.27	6952.47	6995.74									1.247	4.8			
	S20° 28' 41"E	159.52	286.23																			30	176.8	Cumple

ANEXO 1.1 ELEMENTOS DE LA ALINEACIÓN HORIZONTAL

PI #	DATOS DE TANGENTES Y PI's				DATOS DE CURVAS CIRCULARES								DATOS DE CURVAS ESPIRALES						COMPROBACIÓN TANGENTE INTERMEDIA				COMPROB. FINAL
	Orientación	Azmut	Dist. Horiz.	Abscisa PI	Dir. Curva	Radio asumido	Requiere transicion	Long. Tangente	Longitud de Curva	Pc	Pt	Rc	Tangente de la curva espiral	Le	TE	EC	CE	ET	Peralte (%)	Long. Transicion peralte	Tangente intermedia mín.	Tangente Intermedia existente	
51				7+260.20	D	65		87.66	121.25	7172.55	7293.80								2.880	11.1			
	S86° 24' 18"W	266.41	197.09																		28.53	67.8	Cumple
52				7+403.23	I	300		41.60	82.66	7361.64	7444.30								0.678	2.6			
	S70° 37' 03"W	250.62	156.87																		23.73	95.1	Cumple
53				7+559.57	D	200		20.17	40.21	7539.40	7579.61								1.006	3.9			
	S82° 08' 08"W	262.14	134.64																		25.67	86.8	Cumple
54				7+694.07	I	140		27.67	54.64	7666.40	7721.04								1.417	5.5			
	S59° 46' 26"W	239.77	319.71																		27	224.5	Cumple
55				8+013.08	D	130		67.53	124.56	7945.55	8070.11								1.520	5.9			
	N65° 19' 41"W	294.67	173.13																		30.27	90.1	Cumple
56				8+175.72	I	70		15.50	30.51	8160.21	8190.72								2.696	10.4			
	S89° 41' 56"W	269.70	248.86																		32.87	186.4	Cumple
57				8+424.09	D	75		46.98	83.93	8377.11	8461.05								2.533	9.8			
	N26° 10' 48"W	333.82	101.70																		32.07	42.4	Cumple
58				8+515.77	I	80		12.36	24.54	8503.41	8527.94								2.389	9.2			
	N43° 45' 08"W	316.25	170.51																		25.53	112.7	Cumple
59				8+686.09	I	40	SI					40	45.44	20	8+640.65	8+660.65	8+698.26	8+718.26	4.355	16.9			
	S53° 43' 29"W	233.72	160.70																		24.4	55.9	Cumple
60				8+833.52	D	100		59.37	107.15	8774.16	8881.30								1.945	7.5			
	N64° 53' 03"W	295.12	170.81																		27	96.5	Cumple
61				8+992.75	I	200		14.99	29.93	8977.76	9007.69								1.006	3.9			
	N73° 27' 26"W	286.54	138.23																		28.13	99.1	Cumple
62				9+130.93	I	80		24.16	46.93	9106.77	9153.70								2.389	9.2			
	S72° 55' 58"W	252.93	75.85								9205.39												

ANEXO 1.2 CÁLCULO DE ELEMENTOS DE LAS CURVAS DE TRANSICIÓN

DATOS GENERALES DE LAS CURVAS HORIZONTALES												
Curva horizontal No.		12	13	20	22	23	24	25	28	29	47	59
Velocidad de diseño	Vd [km/h] =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Peralte máximo en la curva circular escogido	e máx [%] =	5.43%	4.84%	3.62%	4.84%	3.33%	3.33%	4.84%	4.36%	4.36%	4.84%	4.36%
Ancho de carril escogido	a [m] =	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Gradiente de transición de peralte para long. mínima	m' [%] =	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%	0.78%
Gradiente de transición de peralte resultante	m [%] =	0.65%	0.73%	0.54%	0.73%	0.50%	0.50%	0.73%	0.65%	0.65%	0.73%	0.65%
Radio de la curva circular	Rc [m] =	30	35	50	35	55	55	35	40	40	35	40
CÁLCULO DE LONGITUD MÍNIMA DE LA CURVA ESPIRAL												
CRITERIO	ECUACIÓN	Curva horizontal No.										
		12	13	20	22	23	24	25	28	29	47	59
(1) Variación de la aceleración centrífuga	$L_e \geq \frac{V_{CH}^2}{46.656(J)} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - 127(e_c) \right]$	15.89	13.62	9.53	13.62	8.67	8.67	13.62	11.92	11.92	13.62	11.92
(2) De acuerdo a transición de peralte	$L_e \geq \frac{ae_c}{m}$	21.02	18.73	14.01	18.73	12.91	12.91	18.73	16.86	16.86	18.73	16.86
(3) Por razones de percepción y estética	$L_e \geq \sqrt{6R_c}$	13.42	14.49	17.32	14.49	18.17	18.17	14.49	15.49	15.49	14.49	15.49
	$L_e \geq \frac{R_c}{g}$	3.33	3.89	5.56	3.89	6.11	6.11	3.89	4.44	4.44	3.89	4.44
(4) Long. Máxima de la curva espiral	$L_e \leq 1.21(R_c)$	36.30	42.35	60.50	42.35	66.55	66.55	42.35	48.40	48.40	42.35	48.40
Longitud de la curva espiral adoptada	Le =	25.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
(5) Long. Mínima de la curva circular central	$L_s (\acute{o} L_c) \geq 0.556(V_{CH})$	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90
		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA CURVA ESPIRAL												
DENOMINACIÓN	PARÁMETRO	Curva horizontal No.										
		12	13	20	22	23	24	25	28	29	47	59
Parametro de la espiral	k =	27.39	26.46	31.62	26.46	33.17	33.17	26.46	28.28	28.28	26.46	28.28
Angulo de deflexion de la espiral	θ_e [°] =	23.87	16.37	11.46	16.37	10.42	10.42	16.37	14.32	14.32	16.37	14.32
	θ_e [rad] =	0.42	0.29	0.20	0.29	0.18	0.18	0.29	0.25	0.25	0.29	0.25
Ángulo de deflexión entre las tangentes principales	Δ [°] =	120.99	69.01	48.28	67.86	37.26	38.15	98.95	133.79	86.45	69.41	82.52
Ángulo central de la curva circular	Δc [°] =	73.25	36.27	25.36	35.12	16.42	17.31	66.21	105.15	57.80	36.67	53.88
Coordenadas cartesianas de EC (Xc , Yc)	Xc [m] =	24.57	19.84	19.92	19.84	19.93	19.93	19.84	19.88	19.88	19.84	19.88
	Yc [m] =	3.43	1.89	1.33	1.89	1.21	1.21	1.89	1.66	1.66	1.89	1.66
Coord. Cartesianas del PC desplazado (k , p)	p [m] =	0.86	0.47	0.33	0.47	0.30	0.30	0.47	0.42	0.42	0.47	0.42
	k [m] =	12.43	9.97	9.99	9.97	9.99	9.99	9.97	9.98	9.98	9.97	9.98
Tangente de la curva espiral - circular - espiral	Te [m] =	66.97	34.36	32.55	33.84	28.63	29.11	51.47	104.72	47.96	34.54	45.44
Externa de la curva espiral - circular - espiral	Ee [m] =	32.67	8.05	5.16	7.75	3.36	3.51	19.60	63.00	15.46	8.15	13.77
Tangentes larga y corta de la espiral	TL [m] =	16.82	13.39	13.36	13.39	13.36	13.36	13.39	13.38	13.38	13.39	13.38
	TC [m] =	8.47	6.72	6.69	6.72	6.69	6.69	6.72	6.71	6.71	6.72	6.71
Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones	Xo [m] =	12.43	9.97	9.99	9.97	9.99	9.99	9.97	9.98	9.98	9.97	9.98
	Yo [m] =	30.86	35.47	50.33	35.47	55.30	55.30	35.47	40.42	40.42	35.47	40.42
Cuerda larga de la espiral	Cle [m] =	24.81	19.93	19.96	19.93	19.97	19.97	19.93	19.94	19.94	19.93	19.94
Deflexion del EC o ángulo de la cuerda larga	ϕc [°] =	7.95	5.45	3.82	5.45	3.47	3.47	5.45	4.77	4.77	5.45	4.77
Longitud de la curva circular	Lc [m] =	38.35	22.16	22.13	21.45	15.77	16.62	40.45	73.41	40.35	22.40	37.61

ANEXO 1.3. CÁLCULO DE SOBREANCHOS

DATOS DEL PROYECTO Y VEHÍCULO TIPO		
Tipo de vehículo		3A
Ancho en tangente	Ar =	6 m
Ancho vehículo	u =	2.44 m
Dist. Ejes	L =	7.62 m
Voladizo delantero	A =	1.22 m

CH No.	Radio Rc (m)	Vch	U (m)	C (m)	FA (m)	Z (m)	Ac (m)	Sa (m)	PI	Dir.
1	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	0+159.755	I
2	100	25.00	2.73	0.6	0.10	0.25	7.01	1.10	0+253.966	I
3	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	0+509.425	I
4	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	0+696.872	D
5	75	25.00	2.83	0.6	0.13	0.29	7.28	1.30	0+826.632	D
6	75	25.00	2.83	0.6	0.13	0.29	7.28	1.30	0+936.229	I
7	150	25.00	2.63	0.6	0.07	0.20	6.74	0.80	1+088.659	I
8	120	25.00	2.68	0.6	0.08	0.23	6.88	0.90	1+200.336	I
9	100	25.00	2.73	0.6	0.10	0.25	7.01	1.10	1+416.497	D
10	70	25.00	2.86	0.6	0.14	0.30	7.35	1.40	1+559.872	I
11	90	25.00	2.76	0.6	0.11	0.26	7.10	1.20	1+744.748	D
12	30	25.00	3.42	0.6	0.33	0.46	8.84	2.00	1+895.248	I
13	35	25.00	3.28	0.6	0.29	0.42	8.47	2.00	1+970.822	D
14	90	25.00	2.76	0.6	0.11	0.26	7.10	1.20	2+072.224	I
15	90	25.00	2.76	0.6	0.11	0.26	7.10	1.20	2+164.812	I
16	70	25.00	2.86	0.6	0.14	0.30	7.35	1.40	2+350.184	D
17	140	25.00	2.65	0.6	0.07	0.21	6.78	0.80	2+474.342	I
18	100	25.00	2.73	0.6	0.10	0.25	7.01	1.10	2+547.278	I
19	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	2+681.796	I
20	50	25.00	3.02	0.6	0.20	0.35	7.80	1.90	2+760.726	D
21	120	25.00	2.68	0.6	0.08	0.23	6.88	0.90	2+921.046	D
22	35	25.00	3.28	0.6	0.29	0.42	8.47	2.00	3+063.029	I
23	55	25.00	2.97	0.6	0.18	0.34	7.66	1.70	3+141.239	D
24	55	25.00	2.97	0.6	0.18	0.34	7.66	1.70	3+218.120	I
25	35	25.00	3.28	0.6	0.29	0.42	8.47	2.00	3+329.688	D
26	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	3+469.578	I
27	80	25.00	2.80	0.6	0.13	0.28	7.21	1.30	3+823.635	I
28	40	25.00	3.17	0.6	0.25	0.40	8.19	2.00	4+152.482	D
29	40	25.00	3.17	0.6	0.25	0.40	8.19	2.00	4+231.419	I
30	130	25.00	2.66	0.6	0.08	0.22	6.82	0.90	4+390.899	I
31	100	25.00	2.73	0.6	0.10	0.25	7.01	1.10	4+521.597	I
32	130	25.00	2.66	0.6	0.08	0.22	6.82	0.90	4+620.499	D
33	130	25.00	2.66	0.6	0.08	0.22	6.82	0.90	4+751.035	D
34	130	25.00	2.66	0.6	0.08	0.22	6.82	0.90	4+865.723	I
35	250	25.00	2.56	0.6	0.04	0.16	6.51	0.60	4+967.584	I
36	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	5+228.419	D
37	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	5+297.978	D
38	120	25.00	2.68	0.6	0.08	0.23	6.88	0.90	5+425.698	I
39	160	25.00	2.62	0.6	0.06	0.20	6.70	0.80	5+565.469	D
40	110	25.00	2.70	0.6	0.09	0.24	6.94	1.00	5+693.018	I
41	400	25.00	2.51	0.6	0.03	0.13	6.38	0.40	5+907.986	D
42	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	6+082.253	I
43	250	25.00	2.56	0.6	0.04	0.16	6.51	0.60	6+256.915	D
44	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	6+354.385	D
45	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	6+410.885	I
46	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	6+480.541	D
47	35	25.00	3.28	0.6	0.29	0.42	8.47	2.00	6+571.902	I
48	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	6+639.097	D
49	220	25.00	2.57	0.6	0.05	0.17	6.56	0.60	6+878.146	D
50	160	25.00	2.62	0.6	0.06	0.20	6.70	0.80	6+974.238	I
51	65	25.00	2.89	0.6	0.15	0.31	7.44	1.50	7+260.203	D
52	300	25.00	2.54	0.6	0.03	0.14	6.45	0.50	7+403.234	I
53	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	7+559.572	D
54	140	25.00	2.65	0.6	0.07	0.21	6.78	0.80	7+694.071	I
55	130	25.00	2.66	0.6	0.08	0.22	6.82	0.90	8+013.077	D
56	70	25.00	2.86	0.6	0.14	0.30	7.35	1.40	8+175.715	I
57	75	25.00	2.83	0.6	0.13	0.29	7.28	1.30	8+424.086	D
58	80	25.00	2.80	0.6	0.13	0.28	7.21	1.30	8+515.773	I
59	40	25.00	3.17	0.6	0.25	0.40	8.19	2.00	8+686.086	I
60	100	25.00	2.73	0.6	0.10	0.25	7.01	1.10	8+833.522	D
61	200	25.00	2.59	0.6	0.05	0.18	6.60	0.60	8+992.753	I
62	80	25.00	2.80	0.6	0.13	0.28	7.21	1.30	9+130.931	I

ANEXO 1.4 CÁLCULO DE PERALTES

CH No.	Radio (m)	Long. aplanamiento	Long. Transición	Curvas circulares				Curvas con espirales				Tangente disponible	I0	I1	I3	I3	I1	I0	Long. tangente en sección "I0"	Peralte máx.
				PC	PT	TE	EC	CE	ET											
1	200	9.70	3.90	0+138.299	0+181.048	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	52.11	0+126.649	0+136.349	0+140.249	0+179.748	0+183.648	0+193.348	25.11	1.01%		
2	100	9.70	7.50	0+233.154	0+274.192	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	209.98	0+218.454	0+228.154	0+235.654	0+271.692	0+279.192	0+288.892	182.98	1.94%		
3	200	9.70	3.90	0+484.171	0+534.414	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	122.05	0+471.871	0+481.571	0+485.471	0+533.114	0+537.014	0+546.714	97.45	1.01%		
4	200	9.70	3.90	0+656.469	0+736.201	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	59.93	0+644.169	0+653.869	0+657.769	0+734.901	0+738.801	0+748.501	31.40	1.01%		
5	75	9.70	9.80	0+796.132	0+854.068	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	34.13	0+779.898	0+789.598	0+799.398	0+850.801	0+860.601	0+870.301	1.66	2.53%		
6	75	9.70	9.80	0+888.196	0+973.640	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	86.05	0+871.963	0+881.663	0+891.463	0+970.374	0+980.174	0+989.874	56.72	2.53%		
7	150	9.70	5.10	1+059.695	1+116.918	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	37.83	1+046.595	1+056.295	1+061.395	1+115.218	1+120.318	1+130.018	10.83	1.33%		
8	120	9.70	6.30	1+154.745	1+241.885	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	80.33	1+140.845	1+150.545	1+156.845	1+239.785	1+246.085	1+255.785	51.73	1.64%		
9	100	9.70	7.50	1+322.218	1+473.409	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	44.28	1+307.518	1+317.218	1+324.718	1+470.909	1+478.409	1+488.109	12.95	1.94%		
10	70	9.70	10.40	1+517.694	1+593.613	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	108.75	1+501.061	1+510.761	1+521.161	1+590.147	1+600.547	1+610.247	76.89	2.70%		
11	90	9.70	8.30	1+702.365	1+781.586	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	46.69	1+687.132	1+696.832	1+705.132	1+778.820	1+787.120	1+796.820	21.76	2.14%		
12	30	9.70	21.00	0+000.000	0+000.000	1+828.279	1+853.279	1+891.630	1+916.630	19.83	1+818.579	1+828.279	1+849.279	1+895.630	1+916.630	1+926.330	0.43	5.43%		
13	35	9.70	18.70	0+000.000	0+000.000	1+936.461	1+956.461	1+978.620	1+998.620	55.95	1+926.761	1+936.461	1+955.161	1+979.920	1+998.620	2+008.320	31.01	4.84%		
14	90	9.70	8.30	2+054.567	2+089.438	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	37.64	2+039.333	2+049.033	2+057.333	2+086.671	2+094.971	2+104.671	7.18	2.14%		
15	90	9.70	8.30	2+127.081	2+198.536	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	89.80	2+111.848	2+121.548	2+129.848	2+195.770	2+204.070	2+213.770	57.94	2.14%		
16	70	9.70	10.40	2+288.341	2+389.646	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	69.06	2+271.707	2+281.407	2+291.807	2+386.179	2+396.579	2+406.279	39.06	2.70%		
17	140	9.70	5.50	2+458.708	2+489.847	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	33.23	2+445.341	2+455.041	2+460.541	2+488.014	2+493.514	2+503.214	5.17	1.42%		
18	100	9.70	7.50	2+523.080	2+570.563	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	91.94	2+508.380	2+518.080	2+525.580	2+568.063	2+575.563	2+585.263	60.14	1.94%		
19	65	9.70	11.10	2+662.508	2+700.008	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	28.17	2+645.408	2+655.108	2+666.208	2+694.458	2+705.558	2+715.258	3.22	2.88%		
20	50	9.70	14.00	0+000.000	0+000.000	2+728.181	2+748.181	2+770.315	2+790.315	111.49	2+718.481	2+728.181	2+742.181	2+776.315	2+790.315	2+800.015	87.89	3.62%		
21	120	9.70	6.30	2+901.809	2+939.959	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	89.23	2+887.909	2+897.609	2+903.909	2+937.859	2+944.159	2+953.859	65.63	1.64%		
22	35	9.70	18.70	0+000.000	0+000.000	3+029.192	3+049.192	3+070.645	3+090.645	21.96	3+019.492	3+029.192	3+047.892	3+071.945	3+090.645	3+100.345	2.56	4.84%		
23	55	9.70	12.90	0+000.000	0+000.000	3+112.607	3+132.607	3+148.373	3+168.373	20.64	3+102.907	3+112.607	3+125.507	3+155.473	3+168.373	3+178.073	1.24	3.33%		
24	55	9.70	12.90	0+000.000	0+000.000	3+189.009	3+209.009	3+225.627	3+245.627	32.59	3+179.309	3+189.009	3+201.909	3+232.727	3+245.627	3+255.327	13.19	3.33%		
25	35	9.70	18.70	0+000.000	0+000.000	3+278.216	3+298.216	3+338.662	3+358.662	103.55	3+268.516	3+278.216	3+296.916	3+339.962	3+358.662	3+368.362	81.55	4.84%		
26	200	9.70	3.90	3+462.210	3+476.940	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	303.87	3+449.910	3+459.610	3+463.510	3+475.640	3+479.540	3+489.240	275.74	1.01%		
27	80	9.70	9.20	3+780.814	3+859.446	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	188.32	3+764.981	3+774.681	3+783.881	3+856.380	3+865.580	3+875.280	162.79	2.39%		
28	40	9.70	16.90	0+000.000	0+000.000	4+047.765	4+067.765	4+141.170	4+161.170	22.28	4+038.065	4+047.765	4+064.665	4+144.270	4+161.170	4+170.870	2.88	4.36%		
29	40	9.70	16.90	0+000.000	0+000.000	4+183.455	4+203.455	4+243.807	4+263.807	70.62	4+173.755	4+183.455	4+200.355	4+246.907	4+263.807	4+273.507	47.28	4.36%		
30	130	9.70	5.90	4+334.423	4+440.979	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	65.91	4+320.790	4+330.490	4+336.390	4+439.012	4+444.912	4+454.612	37.57	1.52%		
31	100	9.70	7.50	4+506.886	4+536.099	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	37.74	4+492.186	4+501.886	4+509.386	4+533.599	4+541.099	4+550.799	9.41	1.94%		
32	130	9.70	5.90	4+573.843	4+663.433	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	45.25	4+560.210	4+569.910	4+575.810	4+661.466	4+667.366	4+677.066	17.98	1.52%		
33	130	9.70	5.90	4+708.683	4+790.568	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	51.99	4+695.050	4+704.750	4+710.650	4+788.602	4+794.502	4+804.202	24.72	1.52%		
34	130	9.70	5.90	4+842.556	4+888.410	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	42.67	4+828.923	4+838.623	4+844.523	4+886.443	4+892.343	4+902.043	17.27	1.52%		
35	250	9.70	3.10	4+931.082	5+003.574	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	49.36	4+919.315	4+929.015	4+932.115	5+002.541	5+005.641	5+015.341	20.49	0.81%		
36	65	9.70	11.10	5+052.930	5+211.020	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	61.85	5+035.830	5+045.530	5+056.630	5+207.320	5+218.420	5+228.120	32.45	2.88%		
37	200	9.70	3.90	5+272.867	5+322.826	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	90.45	5+260.567	5+270.267	5+274.167	5+321.526	5+325.426	5+335.126	64.25	1.01%		
38	120	9.70	6.30	5+413.274	5+438.033	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	109.97	5+399.374	5+409.074	5+415.374	5+435.933	5+442.233	5+451.933	83.17	1.64%		
39	160	9.70	4.80	5+548.008	5+582.792	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	62.63	5+535.108	5+544.808	5+549.608	5+581.192	5+585.992	5+595.692	35.43	1.25%		
40	110	9.70	6.90	5+645.418	5+735.266	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	114.48	5+631.118	5+640.818	5+647.718	5+732.966	5+739.866	5+749.566	89.15	1.78%		
41	400	9.70	2.00	5+849.747	5+965.413	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	99.13	5+838.713	5+848.413	5+850.413	5+964.747	5+966.747	5+976.447	71.00	0.51%		
42	65	9.70	11.10	6+064.546	6+099.120	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	141.86	6+047.446	6+057.146	6+068.246	6+095.420	6+106.520	6+116.220	113.00	2.88%		
43	250	9.70	3.10	6+240.984	6+272.802	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	74.68	6+229.217	6+238.917	6+242.017	6+271.769	6+274.869	6+284.569	45.82	0.81%		
44	65	9.70	11.10	6+347.485	6+361.234	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000	35.29	6+330.385	6+340.085	6+351.185	6+357.534	6+368.634	6+378.334	1.09	2.88%		
45	65	9.70	11.10	6+396.523	6+424.793	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		6+379.423	6+389.123	6+400.223	6+421.093	6+432.193	6+441.893	6.87	2.88%		

ANEXO 1.4 CÁLCULO DE PERALTES

CH No.	Radio (m)	Long. aplanamiento	Long. Transición	Curvas circulares		Curvas con espirales				Tangente disponible	I0	I1	I3	I3	I1	I0	Long. tangente en sección "I0"	Peralte máx.
				PC	PT	TE	EC	CE	ET									
										36.27								
46	200	9.70	3.90	6+461.062	6+499.898	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		6+448.762	6+458.462	6+462.362	6+498.598	6+502.498	6+512.198	15.46	1.01%
										37.46								
47	35	9.70	18.70	0+000.000	0+000.000	6+537.361	6+557.361	6+579.761	6+599.761		6+527.661	6+537.361	6+556.061	6+581.061	6+599.761	6+609.461	2.58	4.84%
										29.38								
48	65	9.70	11.10	6+629.144	6+648.896	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		6+612.044	6+621.744	6+632.844	6+645.196	6+656.296	6+665.996	160.86	2.88%
										190.06								
49	220	9.70	3.60	6+838.957	6+916.522	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		6+826.857	6+836.557	6+840.157	6+915.322	6+918.922	6+928.622	10.95	0.92%
										35.95								
50	160	9.70	4.80	6+952.470	6+995.742	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		6+939.570	6+949.270	6+954.070	6+994.142	6+998.942	7+008.642	146.81	1.25%
										176.81								
51	65	9.70	11.10	7+172.547	7+293.802	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		7+155.447	7+165.147	7+176.247	7+290.102	7+301.202	7+310.902	39.30	2.88%
										67.84								
52	300	9.70	2.60	7+361.639	7+444.302	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		7+350.205	7+359.905	7+362.505	7+443.435	7+446.035	7+455.735	71.37	0.68%
										95.10								
53	200	9.70	3.90	7+539.401	7+579.607	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		7+527.101	7+536.801	7+540.701	7+578.307	7+582.207	7+591.907	61.13	1.01%
										86.79								
54	140	9.70	5.50	7+666.399	7+721.039	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		7+653.032	7+662.732	7+668.232	7+719.206	7+724.706	7+734.406	197.51	1.42%
										224.51								
55	130	9.70	5.90	7+945.550	8+070.110	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		7+931.917	7+941.617	7+947.517	8+068.143	8+074.043	8+083.743	59.84	1.52%
										90.10								
56	70	9.70	10.40	8+160.214	8+190.724	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		8+143.581	8+153.281	8+163.681	8+187.258	8+197.658	8+207.358	153.52	2.70%
										186.39								
57	75	9.70	9.80	8+377.111	8+461.045	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		8+360.877	8+370.577	8+380.377	8+457.778	8+467.578	8+477.278	10.30	2.53%
										42.36								
58	80	9.70	9.20	8+503.408	8+527.943	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		8+487.575	8+497.275	8+506.475	8+524.877	8+534.077	8+543.777	87.17	2.39%
										112.71								
59	40	9.70	16.90	0+000.000	0+000.000	8+640.649	8+660.649	8+698.261	8+718.261		8+630.949	8+640.649	8+657.549	8+701.361	8+718.261	8+727.961	31.50	4.36%
										55.90								
60	100	9.70	7.50	8+774.157	8+881.304	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		8+759.457	8+769.157	8+776.657	8+878.804	8+886.304	8+896.004	69.46	1.94%
										96.46								
61	200	9.70	3.90	8+977.762	9+007.688	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		8+965.462	8+975.162	8+979.062	9+006.388	9+010.288	9+019.988	70.95	1.01%
										99.08								
62	80	9.70	9.20	9+106.770	9+153.698	0+000.000	0+000.000	0+000.000	0+000.000		9+090.936	9+100.636	9+109.836	9+149.098	9+158.298	9+167.998		2.39%
Fin																8+527.943		

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
inicio		I0		-0.08	-0.08			
1	I	I0	0+126.649	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	0+136.349	-0.08			0.0	
		I3	0+140.249	-0.08	0.03		0.6	
		I3	0+179.748	-0.08	0.03		0.6	
		I1	0+183.648	-0.08			0.0	
		I0	0+193.348	-0.08	-0.08			
2	I	I0	0+218.454	-0.08	-0.08	1.1		
		I1	0+228.154	-0.08			0.0	
		I3	0+235.654	-0.08	0.06		1.1	
		I3	0+271.692	-0.08	0.06		1.1	
		I1	0+279.192	-0.08			0.0	
		I0	0+288.892	-0.08	-0.08			
3	I	I0	0+471.871	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	0+481.571	-0.08			0.0	
		I3	0+485.471	-0.08	0.03		0.6	
		I3	0+533.114	-0.08	0.03		0.6	
		I1	0+537.014	-0.08			0.0	
		I0	0+546.714	-0.08	-0.08			
4	D	I0	0+644.169	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	0+653.869		-0.08			0.0
		I3	0+657.769	0.03	-0.08			0.6
		I3	0+734.901	0.03	-0.08			0.6
		I1	0+738.801		-0.08			0.0
		I0	0+748.501	-0.08	-0.08			
5	D	I0	0+779.898	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	0+789.598		-0.08			0.0
		I3	0+799.398	0.08	-0.08			1.3
		I3	0+850.801	0.08	-0.08			1.3
		I1	0+860.601		-0.08			0.0
		I0	0+870.301	-0.08	-0.08			
6	I	I0	0+871.963	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	0+881.663	-0.08			0.0	
		I3	0+891.463	-0.08	0.08		1.3	
		I3	0+970.374	-0.08	0.08		1.3	
		I1	0+980.174	-0.08			0.0	
		I0	0+989.874	-0.08	-0.08			
7	I	I0	1+046.595	-0.08	-0.08	0.8		
		I1	1+056.295	-0.08			0.0	
		I3	1+061.395	-0.08	0.04		0.8	
		I3	1+115.218	-0.08	0.04		0.8	
		I1	1+120.318	-0.08			0.0	
		I0	1+130.018	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBRECANCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobrecancho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
8	I	I0	1+140.845	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	1+150.545	-0.08			0.0	
		I3	1+156.845	-0.08	0.05		0.9	
		I3	1+239.785	-0.08	0.05		0.9	
		I1	1+246.085	-0.08			0.0	
		I0	1+255.785	-0.08	-0.08			
9	D	I0	1+307.518	-0.08	-0.08	1.1		
		I1	1+317.218		-0.08			0.0
		I3	1+324.718	0.06	-0.08			1.1
		I3	1+470.909	0.06	-0.08			1.1
		I1	1+478.409		-0.08			0.0
		I0	1+488.109	-0.08	-0.08			
10	I	I0	1+501.061	-0.08	-0.08	1.4		
		I1	1+510.761	-0.08			0.0	
		I3	1+521.161	-0.08	0.08		1.4	
		I3	1+590.147	-0.08	0.08		1.4	
		I1	1+600.547	-0.08			0.0	
		I0	1+610.247	-0.08	-0.08			
11	D	I0	1+687.132	-0.08	-0.08	1.2		
		I1	1+696.832		-0.08			0.0
		I3	1+705.132	0.06	-0.08			1.2
		I3	1+778.820	0.06	-0.08			1.2
		I1	1+787.120		-0.08			0.0
		I0	1+796.820	-0.08	-0.08			
12	I	I0	1+818.579	-0.08	-0.08	2		
		I1	1+828.279	-0.08			0.0	0.0
		I3	1+849.279	-0.16	0.16		1	1
		I3	1+895.630	-0.16	0.16		1	1
		I1	1+916.630	-0.08			0.0	0.0
		I0	1+926.330	-0.08	-0.08			
13	D	I0	1+926.761	-0.08	-0.08	2		
		I1	1+936.461		-0.08		0.0	0.0
		I3	1+955.161	0.15	-0.15		1	1
		I3	1+979.920	0.15	-0.15		1	1
		I1	1+998.620		-0.08		0.0	0.0
		I0	2+008.320	-0.08	-0.08			
14	I	I0	2+039.333	-0.08	-0.08	1.2		
		I1	2+049.033	-0.08			0.0	
		I3	2+057.333	-0.08	0.06		1.2	
		I3	2+086.671	-0.08	0.06		1.2	
		I1	2+094.971	-0.08			0.0	
		I0	2+104.671	-0.08	-0.08			
15	I	I0	2+111.848	-0.08	-0.08	1.2		
		I1	2+121.548	-0.08			0.0	
		I3	2+129.848	-0.08	0.06		1.2	
		I3	2+195.770	-0.08	0.06		1.2	
		I1	2+204.070	-0.08			0.0	
		I0	2+213.770	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
16	D	I0	2+271.707	-0.08	-0.08	1.4		
		I1	2+281.407		-0.08			0.0
		I3	2+291.807	0.08	-0.08			1.4
		I3	2+386.179	0.08	-0.08			1.4
		I1	2+396.579		-0.08			0.0
		I0	2+406.279	-0.08	-0.08			
17	I	I0	2+445.341	-0.08	-0.08	0.8		
		I1	2+455.041	-0.08				0.0
		I3	2+460.541	-0.08	0.04			0.8
		I3	2+488.014	-0.08	0.04			0.8
		I1	2+493.514	-0.08				0.0
		I0	2+503.214	-0.08	-0.08			
18	I	I0	2+508.380	-0.08	-0.08	1.1		
		I1	2+518.080	-0.08				0.0
		I3	2+525.580	-0.08	0.06			1.1
		I3	2+568.063	-0.08	0.06			1.1
		I1	2+575.563	-0.08				0.0
		I0	2+585.263	-0.08	-0.08			
19	I	I0	2+645.408	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	2+655.108	-0.08				0.0
		I3	2+666.208	-0.09	0.09			1.5
		I3	2+694.458	-0.09	0.09			1.5
		I1	2+705.558	-0.08				0.0
		I0	2+715.258	-0.08	-0.08			
20	D	I0	2+718.481	-0.08	-0.08	1.9		
		I1	2+728.181		-0.08			0.0
		I3	2+742.181	0.11	-0.11			0.95
		I3	2+776.315	0.11	-0.11			0.95
		I1	2+790.315		-0.08			0.0
		I0	2+800.015	-0.08	-0.08			
21	D	I0	2+887.909	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	2+897.609		-0.08			0.0
		I3	2+903.909	0.05	-0.08			0.9
		I3	2+937.859	0.05	-0.08			0.9
		I1	2+944.159		-0.08			0.0
		I0	2+953.859	-0.08	-0.08			
22	I	I0	3+019.492	-0.08	-0.08	2		
		I1	3+029.192	-0.08				0.0
		I3	3+047.892	-0.15	0.15			1
		I3	3+071.945	-0.15	0.15			1
		I1	3+090.645	-0.08				0.0
		I0	3+100.345	-0.08	-0.08			
23	D	I0	3+102.907	-0.08	-0.08	1.7		
		I1	3+112.607		-0.08			0.0
		I3	3+125.507	0.10	-0.10			0.85
		I3	3+155.473	0.10	-0.10			0.85
		I1	3+168.373		-0.08			0.0
		I0	3+178.073	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
24	I	I0	3+179.309	-0.08	-0.08	1.7		
		I1	3+189.009	-0.08			0.0	0.0
		I3	3+201.909	-0.10	0.10		0.85	0.85
		I3	3+232.727	-0.10	0.10		0.85	0.85
		I1	3+245.627	-0.08			0.0	0.0
		I0	3+255.327	-0.08	-0.08			
25	D	I0	3+268.516	-0.08	-0.08	2		
		I1	3+278.216		-0.08		0.0	0.0
		I3	3+296.916	0.15	-0.15		1	1
		I3	3+339.962	0.15	-0.15		1	1
		I1	3+358.662		-0.08		0.0	0.0
		I0	3+368.362	-0.08	-0.08			
26	I	I0	3+449.910	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	3+459.610	-0.08			0.0	
		I3	3+463.510	-0.08	0.03		0.6	
		I3	3+475.640	-0.08	0.03		0.6	
		I1	3+479.540	-0.08			0.0	
		I0	3+489.240	-0.08	-0.08			
27	I	I0	3+764.981	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	3+774.681	-0.08			0.0	
		I3	3+783.881	-0.08	0.07		1.3	
		I3	3+856.380	-0.08	0.07		1.3	
		I1	3+865.580	-0.08			0.0	
		I0	3+875.280	-0.08	-0.08			
28	D	I0	4+038.065	-0.08	-0.08	2		
		I1	4+047.765		-0.08		0.0	0.0
		I3	4+064.665	0.13	-0.13		1	1
		I3	4+144.270	0.13	-0.13		1	1
		I1	4+161.170		-0.08		0.0	0.0
		I0	4+170.870	-0.08	-0.08			
29	I	I0	4+173.755	-0.08	-0.08	2		
		I1	4+183.455	-0.08			0.0	0.0
		I3	4+200.355	-0.13	0.13		1	1
		I3	4+246.907	-0.13	0.13		1	1
		I1	4+263.807	-0.08			0.0	0.0
		I0	4+273.507	-0.08	-0.08			
30	I	I0	4+320.790	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	4+330.490	-0.08			0.0	
		I3	4+336.390	-0.08	0.05		0.9	
		I3	4+439.012	-0.08	0.05		0.9	
		I1	4+444.912	-0.08			0.0	
		I0	4+454.612	-0.08	-0.08			
31	I	I0	4+492.186	-0.08	-0.08	1.1		
		I1	4+501.886	-0.08			0.0	
		I3	4+509.386	-0.08	0.06		1.1	
		I3	4+533.599	-0.08	0.06		1.1	
		I1	4+541.099	-0.08			0.0	
		I0	4+550.799	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
32	D	I0	4+560.210	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	4+569.910		-0.08			0.0
		I3	4+575.810	0.05	-0.08			0.9
		I3	4+661.466	0.05	-0.08			0.9
		I1	4+667.366		-0.08			0.0
		I0	4+677.066	-0.08	-0.08			
33	D	I0	4+695.050	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	4+704.750		-0.08			0.0
		I3	4+710.650	0.05	-0.08			0.9
		I3	4+788.602	0.05	-0.08			0.9
		I1	4+794.502		-0.08			0.0
		I0	4+804.202	-0.08	-0.08			
34	I	I0	4+828.923	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	4+838.623	-0.08				0.0
		I3	4+844.523	-0.08	0.05			0.9
		I3	4+886.443	-0.08	0.05			0.9
		I1	4+892.343	-0.08				0.0
		I0	4+902.043	-0.08	-0.08			
35	I	I0	4+919.315	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	4+929.015	-0.08				0.0
		I3	4+932.115	-0.08	0.02			0.6
		I3	5+002.541	-0.08	0.02			0.6
		I1	5+005.641	-0.08				0.0
		I0	5+015.341	-0.08	-0.08			
36	D	I0	5+035.830	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	5+045.530		-0.08			0.0
		I3	5+056.630	0.09	-0.09			1.5
		I3	5+207.320	0.09	-0.09			1.5
		I1	5+218.420		-0.08			0.0
		I0	5+228.120	-0.08	-0.08			
37	D	I0	5+260.567	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	5+270.267		-0.08			0.0
		I3	5+274.167	0.03	-0.08			0.6
		I3	5+321.526	0.03	-0.08			0.6
		I1	5+325.426		-0.08			0.0
		I0	5+335.126	-0.08	-0.08			
38	I	I0	5+399.374	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	5+409.074	-0.08				0.0
		I3	5+415.374	-0.08	0.05			0.9
		I3	5+435.933	-0.08	0.05			0.9
		I1	5+442.233	-0.08				0.0
		I0	5+451.933	-0.08	-0.08			
39	D	I0	5+535.108	-0.08	-0.08	0.8		
		I1	5+544.808		-0.08			0.0
		I3	5+549.608	0.04	-0.08			0.8
		I3	5+581.192	0.04	-0.08			0.8
		I1	5+585.992		-0.08			0.0
		I0	5+595.692	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
40	I	I0	5+631.118	-0.08	-0.08	1		
		I1	5+640.818	-0.08			0.0	
		I3	5+647.718	-0.08	0.05		1	
		I3	5+732.966	-0.08	0.05		1	
		I1	5+739.866	-0.08			0.0	
		I0	5+749.566	-0.08	-0.08			
41	D	I0	5+838.713	-0.08	-0.08	0.4		
		I1	5+848.413		-0.08			0.0
		I3	5+850.413	0.02	-0.08			0.4
		I3	5+964.747	0.02	-0.08			0.4
		I1	5+966.747		-0.08			0.0
		I0	5+976.447	-0.08	-0.08			
42	I	I0	6+047.446	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	6+057.146	-0.08			0.0	
		I3	6+068.246	-0.09	0.09		1.5	
		I3	6+095.420	-0.09	0.09		1.5	
		I1	6+106.520	-0.08			0.0	
		I0	6+116.220	-0.08	-0.08			
43	D	I0	6+229.217	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	6+238.917		-0.08			0.0
		I3	6+242.017	0.02	-0.08			0.6
		I3	6+271.769	0.02	-0.08			0.6
		I1	6+274.869		-0.08			0.0
		I0	6+284.569	-0.08	-0.08			
44	D	I0	6+330.385	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	6+340.085		-0.08			0.0
		I3	6+351.185	0.09	-0.09			1.5
		I3	6+357.534	0.09	-0.09			1.5
		I1	6+368.634		-0.08			0.0
		I0	6+378.334	-0.08	-0.08			
45	I	I0	6+379.423	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	6+389.123	-0.08			0.0	
		I3	6+400.223	-0.09	0.09		1.5	
		I3	6+421.093	-0.09	0.09		1.5	
		I1	6+432.193	-0.08			0.0	
		I0	6+441.893	-0.08	-0.08			
46	D	I0	6+448.762	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	6+458.462		-0.08			0.0
		I3	6+462.362	0.03	-0.08			0.6
		I3	6+498.598	0.03	-0.08			0.6
		I1	6+502.498		-0.08			0.0
		I0	6+512.198	-0.08	-0.08			
47	I	I0	6+527.661	-0.08	-0.08	2		
		I1	6+537.361	-0.08			0.0	0.0
		I3	6+556.061	-0.15	0.15		1	1
		I3	6+581.061	-0.15	0.15		1	1
		I1	6+599.761	-0.08			0.0	0.0
		I0	6+609.461	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBRECANCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobrecancho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
48	D	I0	6+612.044	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	6+621.744		-0.08			0.0
		I3	6+632.844	0.09	-0.09			1.5
		I3	6+645.196	0.09	-0.09			1.5
		I1	6+656.296		-0.08			0.0
		I0	6+665.996	-0.08	-0.08			
49	D	I0	6+826.857	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	6+836.557		-0.08			0.0
		I3	6+840.157	0.03	-0.08			0.6
		I3	6+915.322	0.03	-0.08			0.6
		I1	6+918.922		-0.08			0.0
		I0	6+928.622	-0.08	-0.08			
50	I	I0	6+939.570	-0.08	-0.08	0.8		
		I1	6+949.270	-0.08				0.0
		I3	6+954.070	-0.08	0.04			0.8
		I3	6+994.142	-0.08	0.04			0.8
		I1	6+998.942	-0.08				0.0
		I0	7+008.642	-0.08	-0.08			
51	D	I0	7+155.447	-0.08	-0.08	1.5		
		I1	7+165.147		-0.08			0.0
		I3	7+176.247	0.09	-0.09			1.5
		I3	7+290.102	0.09	-0.09			1.5
		I1	7+301.202		-0.08			0.0
		I0	7+310.902	-0.08	-0.08			
52	I	I0	7+350.205	-0.08	-0.08	0.5		
		I1	7+359.905	-0.08				0.0
		I3	7+362.505	-0.08	0.02			0.5
		I3	7+443.435	-0.08	0.02			0.5
		I1	7+446.035	-0.08				0.0
		I0	7+455.735	-0.08	-0.08			
53	D	I0	7+527.101	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	7+536.801		-0.08			0.0
		I3	7+540.701	0.03	-0.08			0.6
		I3	7+578.307	0.03	-0.08			0.6
		I1	7+582.207		-0.08			0.0
		I0	7+591.907	-0.08	-0.08			
54	I	I0	7+653.032	-0.08	-0.08	0.8		
		I1	7+662.732	-0.08				0.0
		I3	7+668.232	-0.08	0.04			0.8
		I3	7+719.206	-0.08	0.04			0.8
		I1	7+724.706	-0.08				0.0
		I0	7+734.406	-0.08	-0.08			
55	D	I0	7+931.917	-0.08	-0.08	0.9		
		I1	7+941.617		-0.08			0.0
		I3	7+947.517	0.05	-0.08			0.9
		I3	8+068.143	0.05	-0.08			0.9
		I1	8+074.043		-0.08			0.0
		I0	8+083.743	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.5 DISTRIBUCIÓN DE PERALTE Y SOBREENCHO

Curva Ho No.	Dir. curva	Punto	Abscisa (m)	Peralte (m)		Sobreencho (m)		
				Borde izq.	Borde der.	Total	Borde izq.	Borde der.
56	I	I0	8+143.581	-0.08	-0.08	1.4		
		I1	8+153.281	-0.08			0.0	
		I3	8+163.681	-0.08	0.08		1.4	
		I3	8+187.258	-0.08	0.08		1.4	
		I1	8+197.658	-0.08			0.0	
		I0	8+207.358	-0.08	-0.08			
57	D	I0	8+360.877	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	8+370.577		-0.08			0.0
		I3	8+380.377	0.08	-0.08			1.3
		I3	8+457.778	0.08	-0.08			1.3
		I1	8+467.578		-0.08			0.0
		I0	8+477.278	-0.08	-0.08			
58	I	I0	8+487.575	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	8+497.275	-0.08			0.0	
		I3	8+506.475	-0.08	0.07		1.3	
		I3	8+524.877	-0.08	0.07		1.3	
		I1	8+534.077	-0.08			0.0	
		I0	8+543.777	-0.08	-0.08			
59	I	I0	8+630.949	-0.08	-0.08	2		
		I1	8+640.649	-0.08			0.0	0.0
		I3	8+657.549	-0.13	0.13		1	1
		I3	8+701.361	-0.13	0.13		1	1
		I1	8+718.261	-0.08			0.0	0.0
		I0	8+727.961	-0.08	-0.08			
60	D	I0	8+759.457	-0.08	-0.08	1.1		
		I1	8+769.157		-0.08			0.0
		I3	8+776.657	0.06	-0.08			1.1
		I3	8+878.804	0.06	-0.08			1.1
		I1	8+886.304		-0.08			0.0
		I0	8+896.004	-0.08	-0.08			
61	I	I0	8+965.462	-0.08	-0.08	0.6		
		I1	8+975.162	-0.08			0.0	
		I3	8+979.062	-0.08	0.03		0.6	
		I3	9+006.388	-0.08	0.03		0.6	
		I1	9+010.288	-0.08			0.0	
		I0	9+019.988	-0.08	-0.08			
62	I	I0	9+090.936	-0.08	-0.08	1.3		
		I1	9+100.636	-0.08			0.0	
		I3	9+109.836	-0.08	0.07		1.3	
		I3	9+149.098	-0.08	0.07		1.3	
		I1	9+158.298	-0.08			0.0	
		I0	9+167.998	-0.08	-0.08			

ANEXO 1.6 ELEMENTOS DE LA ALINEACIÓN VERTICAL

Curva vertical No.	GRADIENTE %		A	Tipo de curva	Pendiente cuesta abajo o arriba %		MDVP = d1+d2 = S (m)		Factor K		Mínima distancia Lv (m)		Long. Mín. absoluta	Lv Asumida (m)	K resultante	Abscisa		
	Entrada	Salida			Cuesta abajo	Cuesta arriba	En bajada	En subida	En bajada	En subida	En bajada	En subida	L = 0.6 Vd			Inicial	Final	Piv
		9.38%	9.38%		0.00%	0.00%	0	0	0	0	0	0	15	0	0.00	0+000.00	0+000.00	
1	9.38%	3.51%	5.87%	Convexa	3.51%	9.38%	23.58	22.11	2.72	2.45	15.97	14.38	15	50	8.52	0+085.00	0+135.00	0+110.00
2	3.51%	8.70%	5.19%	Cóncava	8.70%	3.51%	24.47	22.68	2.88	2.55	14.95	13.23	15	40	7.71	0+230.00	0+270.00	0+250.00
3	8.70%	6.12%	2.58%	Convexa	6.12%	8.70%	24	22.17	2.8	2.46	7.22	6.35	15	40	15.50	0+480.00	0+520.00	0+500.00
4	6.12%	8.20%	2.08%	Cóncava	8.20%	6.12%	24.37	22.41	2.86	2.51	5.95	5.22	15	40	19.23	0+740.00	0+780.00	0+760.00
5	8.20%	5.77%	2.43%	Convexa	5.77%	8.20%	23.94	22.21	2.78	2.47	6.76	6	15	50	20.58	0+975.00	1+025.00	1+000.00
6	5.77%	11.62%	5.85%	Cóncava	11.62%	5.77%	25.1	22.44	3	2.51	17.55	14.68	15	80	13.68	1+160.00	1+240.00	1+200.00
7	11.62%	6.79%	4.83%	Convexa	6.79%	11.62%	24.11	21.92	2.82	2.42	13.62	11.69	15	60	12.42	1+260.00	1+320.00	1+290.00
8	6.79%	8.67%	1.88%	Cóncava	8.67%	6.79%	24.46	22.34	2.88	2.49	5.41	4.68	15	80	42.55	1+610.00	1+690.00	1+650.00
9	8.67%	7.10%	1.57%	Convexa	7.10%	8.67%	24.17	22.17	2.83	2.46	4.44	3.86	15	40	25.48	1+790.00	1+830.00	1+810.00
10	7.10%	7.49%	0.39%	Cóncava	7.49%	7.10%	24.24	22.32	2.84	2.49	1.11	0.97	15	80	205.13	3+270.00	3+350.00	3+310.00
11	7.49%	4.64%	2.85%	Convexa	4.64%	7.49%	23.75	22.28	2.75	2.48	7.84	7.07	15	100	35.09	5+090.00	5+190.00	5+140.00
12	4.64%	5.41%	0.77%	Cóncava	5.41%	4.64%	23.88	22.56	2.77	2.53	2.13	1.95	15	60	77.92	5+560.00	5+620.00	5+590.00
13	5.41%	4.84%	0.57%	Convexa	4.84%	5.41%	23.78	22.48	2.76	2.52	1.57	1.44	15	80	140.35	6+140.00	6+220.00	6+180.00
14	4.84%	5.37%	0.53%	Cóncava	5.37%	4.84%	23.87	22.54	2.77	2.53	1.47	1.34	15	80	150.94	7+170.00	7+250.00	7+210.00
15	5.37%	4.30%	1.07%	Convexa	4.30%	5.37%	23.7	22.48	2.74	2.52	2.93	2.7	15	100	93.46	7+720.00	7+820.00	7+770.00
16	4.30%	5.25%	0.95%	Cóncava	5.25%	4.30%	23.85	22.59	2.77	2.54	2.63	2.41	15	80	84.21	8+280.00	8+360.00	8+320.00
17	5.25%	3.88%	1.37%	Convexa	3.88%	5.25%	23.63	22.5	2.73	2.52	3.74	3.45	15	60	43.80	8+760.00	8+820.00	8+790.00
	3.88%		3.88%		0.00%	0.00%	0	0	0	0	0	0	15	0	0.00	9+190.00	9+190.00	

9. Anexo 2. Ensayos de laboratorio de suelos.



ENSAYO DE CBR - ASTM D 1883

Estudio Vía de Acceso a Yunquil, Calles Urb. "Los

Muestra: Calicata # 1
Ubicación: Yunquil
Profundidad: 0.00-1.50 m

Proyecto: Precaristas"
Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima
Fecha: 1-sep.-21

MOLDE #:	9	8	7
Diámetro del Molde (pulg):	5.98	5.97	5.98
Altura del Molde (pulg):	4.96	4.96	4.96
Área del Molde (pulg²):	28.13	28.00	28.13
Volumen de molde (pulg³):	139.63	139.02	139.63
Área de pistón (pulg²):	3.00		
Tasa de deformación (pulg/min)	0.05		

DATOS DE ESPONJAMIENTO																
FECHA	DIAS EN AGUA	HORA	MOLDE #: 9		Cant. golpes	55	HORA	MOLDE #: 8		Cant. golpes	25	HORA	MOLDE #: 7		Cant. golpes	12
			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO	
			0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%
5-ago.-2018	0.0	11:10	0	5.971	0.000	0.00	11:10	0	5.971	0.000	0.00	11:10	0	5.971	0.000	0.00
6-ago.-2018	1.0	11:10	130	6.101	0.130	2.18	11:10	70	6.041	0.070	1.17	11:10	110	6.081	0.110	1.84
9-ago.-2018	4.0	12:00	390	6.361	0.390	6.53	12:00	280	6.251	0.280	4.69	12:00	310	6.281	0.310	5.19
10-ago.-2018	4.9	8:00	400	6.371	0.400	6.70	8:00	300	6.271	0.300	5.02	8:00	320	6.291	0.320	5.36

DATOS DE PENETRACIÓN																
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE #: 9		Nro. de golpes	55	CARGA	MOLDE #: 8		Nro. de golpes	25	CARGA	MOLDE #: 7		Nro. de golpes	12
			PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.		PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.		PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
			Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²			Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²			Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	
min	0.001 pulg	Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	
0.00	0.0	0	0.0				0	0.0				0	0.0			
0.25	12.5	28	9.3				17	5.7				7	2.3			
0.50	25.0	45	15.0				35	11.7				14	4.7			
0.75	37.5	68	22.7				51	17.0				21	7.0			
1.00	50.0	96	32.0				67	22.3				26	8.7			
1.25	62.5	115	38.3				81	27.0				29	9.7			
1.50	75.0	135	45.0				90	30.0				31	10.3			
1.75	87.5	154	51.4				101	33.7				34	11.3			
2.0	100	170	56.7	56.7	1000	5.7	114	38.0	38.0	1000	3.8	38	12.7	12.7	1000	1.3
2.5	125	203	67.7				132	44.0				43	14.3			
3.0	150	221	73.7				145	48.4				50	16.7			
3.5	175	241	80.4				161	53.7				54	18.0			
4.0	200	256	85.4	85.4	1500	5.7	174	58.0	58.0	1500	3.9	60	20.0	20.0	1500	1.3
5.0	250	281	93.7				189	63.0				70	23.3			
6.0	300	307	102.4				202	67.4				77	25.7			
7.0	350	329	109.7				218	72.7				87	29.0			
8.0	400	353	117.7				225	75.0				94	31.3			
9.0	450	376	125.4				236	78.7				100	33.3			
10.0	500	395	131.7				245	81.7				108	36.0			

Firmado digitalmente por
LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.09.22 08:50:43 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Diaz - JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CBR - ASTM D 1883

Muestra: Calicata # 1
Ubicación: Yunquíl
Profundidad: 0.00-1.50 m

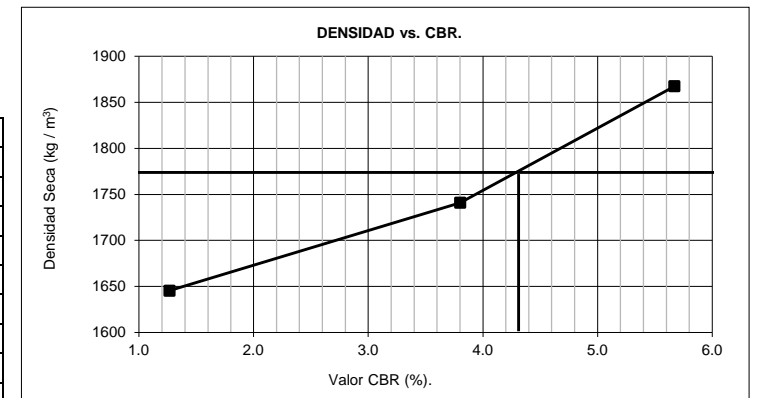
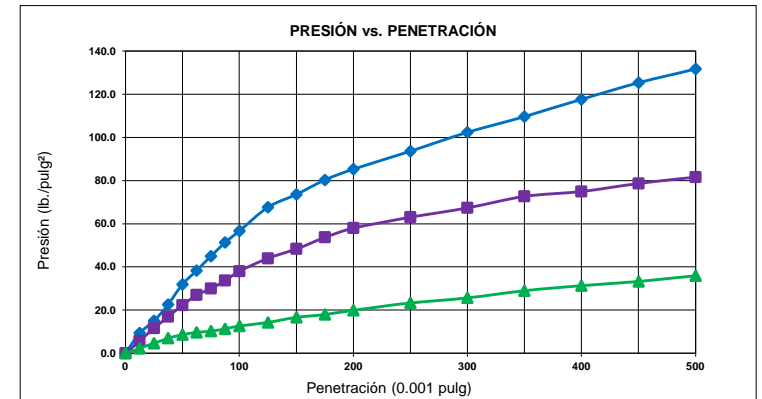
Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquíl,
Calles Urb. "Los Precaristas"
Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima
Fecha: 1-sep.-21

RESULTADOS ENSAYO

DENSIDAD HUMEDA Y SECA						
MOLDE #:	9		8		7	
No. de Capas	5		5		5	
No. de Golpes/Capa	55		25		12	
Espécimen:	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo
Molde + Suelo Húmedo (gr)	10732	10936	10620	10930	10307	10704
Peso Molde (gr)	6008	6008	6186	6186	6146	6146
Peso Suelo Húmedo (gr)	4724	4928	4434	4744	4161	4558
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2288.19	2936.48	2278.17	2877.73	2288.19	2899.61
DENS. HUMEDA (kg/m ³)	2065	1678	1946	1649	1818	1572
DENS. SECA (kg/m ³)	1867	1384	1741	1323	1645	1244

CONTENIDO DE AGUA (Antes de Saturación)									
No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	27	3	8	32	35	69	60	55	29
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	46.11	48.48	45.9	46.58	49.01	47.99	42.11	46.69	48.89
Cápsula + Suelo Seco (gr)	41.99	44.58	42.42	42.31	44.53	43.66	38.54	42.96	44.87
Peso de la Cápsula (gr)	6.23	6.72	7.14	6.32	6.53	6.78	6.24	6.24	6.04
Peso de Agua (gr)	4.12	3.90	3.48	4.27	4.48	4.33	3.57	3.73	4.02
Peso de Suelo Seco (gr)	35.76	37.86	35.28	35.99	38.00	36.88	32.30	36.72	38.83
Contenido de Humedad (%)	11.5	10.3	9.9	11.9	11.8	11.7	11.1	10.2	10.4
Humedad Promedio (%)	10.6			11.8			10.5		

CONTENIDO DE AGUA (Después de Saturación)									
No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	118	135	180	124	142	157	128	190	97
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	63.56	54.44	57.40	46.98	54.19	48.25	63.66	58.22	57.96
Cápsula + Suelo Seco (gr)	54.52	47.34	50.51	40.93	46.47	41.67	53.17	49.42	49.51
Peso de la Cápsula (gr)	14.27	13.40	16.67	14.92	15.18	16.27	14.28	15.32	17.24
Peso de Agua (gr)	9.04	7.10	6.89	6.05	7.72	6.58	10.49	8.80	8.45
Peso de Suelo Seco (gr)	40.25	33.94	33.84	26.01	31.29	25.40	38.89	34.10	32.27
Contenido de Humedad (%)	22.5	20.9	20.4	23.3	24.7	25.9	27.0	25.8	26.2
Humedad Promedio (%)	21.2			24.6			26.3		
Agua Absorbida (%)	10.68			12.81			15.80		



RESULTADOS		
Densidad seca máx.	1867	kg/m ³
95% Densidad seca máx.	1774	kg/m ³
C.B.R.=	4.30	%

LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
Firmado digitalmente por
LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.09.22 08:51:06
+05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz - JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CBR - ASTM D 1883

Estudio Vía de Acceso a Yunquil, Calles Urb. "Los

Muestra: Calicata # 2
Ubicación: Yunquil
Profundidad: 0.00-1.50 m

Proyecto: Precaristas"
Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima
Fecha: 1-sep.-21

MOLDE #:	6	5	4
Diámetro del Molde (pulg):	5.96	5.98	5.97
Altura del Molde (pulg):	4.96	4.99	4.94
Área del Molde (pulg ²):	27.88	28.13	28.00
Volumen de molde (pulg ³):	138.41	140.37	138.29
Area de pistón (pulg ²):	3.00		
Tasa de deformación (pulg/min):	0.05		

DATOS DE ESPONJAMIENTO																				
FECHA	DIAS EN AGUA	HORA	MOLDE #: 6				Cant. golpes	55	HORA	MOLDE #: 5				Cant. golpes	25	HORA	MOLDE #: 4			
			LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO					LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO					LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO	
			0.001pulg	pulg	pulg	%				0.001pulg	pulg	pulg	%				0.001pulg	pulg	pulg	%
8-ago.-2021	0.0	11:10	0	4.991	0.000	0.00		11:10	0	4.991	0.000	0.00		11:10	0	4.991	0.000	0.00		
9-ago.-2021	1.0	12:20	160	5.151	0.160	3.21		12:20	170	5.161	0.170	3.41		12:20	210	5.201	0.210	4.21		
12-ago.-2021	3.9	9:30	1000	5.991	1.000	20.04		9:30	1030	6.021	1.030	20.64		9:30	1100	6.091	1.100	22.04		

DATOS DE PENETRACIÓN																				
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE #: 6				Nro. de golpes	55	CARGA	MOLDE #: 5				Nro. de golpes	25	CARGA	MOLDE #: 4			
			PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.				PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.				PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
			Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²					Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²					Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	Lbs/pulg ²	
0.00	0.0	0	0.0					0	0.0					0	0.0					
0.25	12.5	15	5.0					9	3.0					9	3.0					
0.50	25.0	20	6.7					12	4.0					12	4.0					
0.75	37.5	23	7.7					14	4.7					13	4.3					
1.00	50.0	26	8.7					16	5.3					16	5.3					
1.25	62.5	30	10.0					18	6.0					18	6.0					
1.50	75.0	33	11.0					19	6.3					18	6.0					
1.75	87.5	35	11.7					21	7.0					19	6.3					
2.0	100	37	12.3	12.3	1000	1.2		23	7.7	7.7	1000	0.8		20	6.7	6.7	1000	0.7		
2.5	125	43	14.3					26	8.7					20	6.7					
3.0	150	46	15.3					29	9.7					22	7.3					
3.5	175	50	16.7					30	10.0					23	7.7					
4.0	200	53	17.7	17.7	1500	1.2		32	10.7	10.7	1500	0.7		25	8.3	8.3	1500	0.6		
5.0	250	58	19.3					34	11.3					27	9.0					
6.0	300	62	20.7					35	11.7					30	10.0					
7.0	350	68	22.7					36	12.0					32	10.7					
8.0	400	73	24.3					39	13.0					35	11.7					
9.0	450	76	25.3					40	13.3					36	12.0					
10.0	500	78	26.0					42	14.0					38	12.7					

LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.09.22 08:53:45 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz - JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO DE CBR - ASTM D 1883

Muestra: Calicata # 2
Ubicación: Yunquíl
Profundidad: 0.00-1.50 m

Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquíl,
Calles Urb. "Los Precaristas"
Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima
Fecha: 1-sep.-21

DENSIDAD HUMEDA Y SECA

DENSIDAD HUMEDA Y SECA						
MOLDE #:	6		5		4	
No. de Capas	5		5		5	
No. de Golpes/Capa	55		25		12	
Espécimen:	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo
Molde + Suelo Húmedo (gr)	10434	10960	10213	10926	9956	10657
Peso Molde (gr)	5996	5996	6092	6092	6120	6120
Peso Suelo Húmedo (gr)	4438	4964	4121	4834	3836	4537
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2268.16	2737.02	2300.29	2775.02	2266.12	2794.98
DENS. HUMEDA (kg/m ³)	1957	1814	1792	1742	1693	1623
DENS. SECA (kg/m ³)	1709	1392	1563	1296	1445	1190

CONTENIDO DE AGUA (Antes de Saturación)

No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	148	141	158	138	175	132	187		
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	69.43	66.83	69.35	64.45	69.67	61.81	58		
Cápsula + Suelo Seco (gr)	62.61	60.25	62.58	58.27	62.69	54.79	51.75		
Peso de la Cápsula (gr)	15.24	15.24	15.38	16.05	15.66	15.38	13.97		
Peso de Agua (gr)	6.82	6.58	6.77	6.18	6.98	7.02	6.25		
Peso de Suelo Seco (gr)	47.37	45.01	47.20	42.22	47.03	39.41	37.78		
Contenido de Humedad (%)	14.4	14.6	14.3	14.6	14.8	17.8	16.5		
Humedad Promedio (%)	14.5			14.6			17.2		

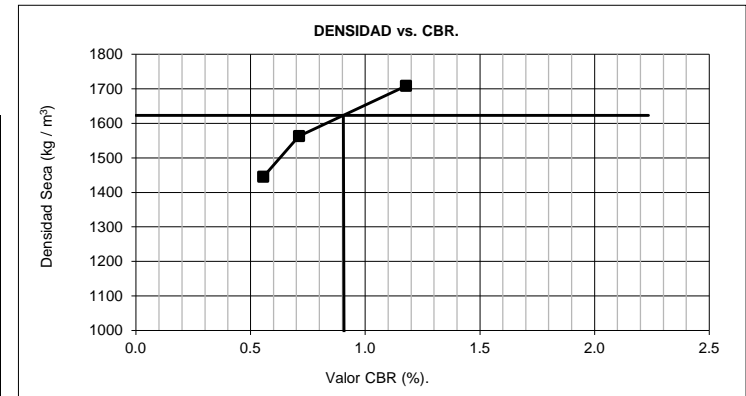
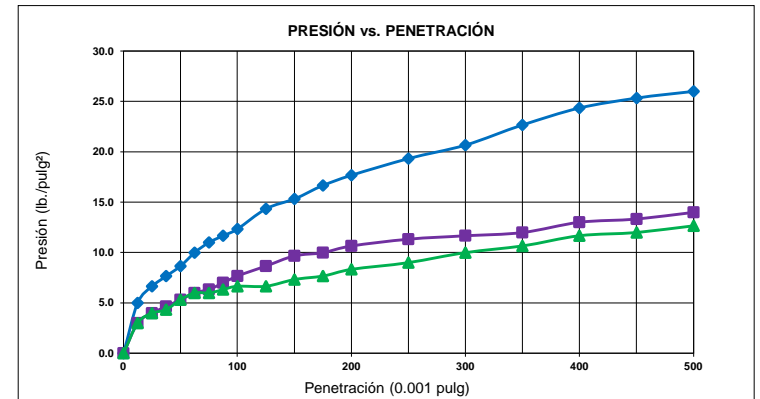
CONTENIDO DE AGUA (Después de Saturación)

No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	122	125	184	188	133	127	132	187	43
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	52.81	54.89	72.13	62.03	63.48	71.18	58.36	59.82	62.81
Cápsula + Suelo Seco (gr)	44.20	45.87	58.71	50.03	51.89	57.09	46.96	47.36	50.01
Peso de la Cápsula (gr)	15.72	15.22	15.87	15.86	16.92	16.83	15.38	13.98	14.24
Peso de Agua (gr)	8.61	9.02	13.42	12.00	11.59	14.09	11.40	12.46	12.80
Peso de Suelo Seco (gr)	28.48	30.65	42.84	34.17	34.97	40.26	31.58	33.38	35.77
Contenido de Humedad (%)	30.2	29.4	31.3	35.1	33.1	35.0	36.1	37.3	35.8
Humedad Promedio (%)	30.3			34.4			36.4		
Agua Absorbida (%)	15.8			19.8			19.2		

Firmado digitalmente
por LUIS ANTONIO
MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.09.22
08:54:15 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz - JEFE DE LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO



RESULTADOS

Densidad seca máx.	1709	kg/m ³
95% Densidad seca máx.	1623	kg/m ³
C.B.R.=	0.90	%

ENSAYO DE CBR - ASTM D 1883

Muestra: Calicata # 3
Ubicación: Yunquíl
Profundidad: 0.00-1.50 m

Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquíl,
Calles Urb. "Los Precaristas"
Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima
Fecha: 1-sep.-21

RESULTADOS ENSAYO

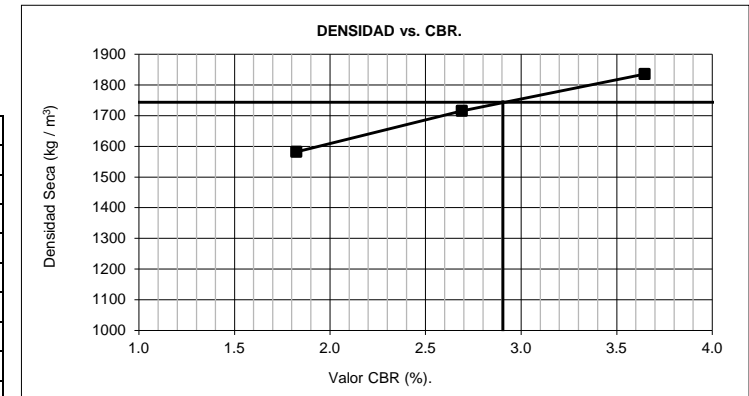
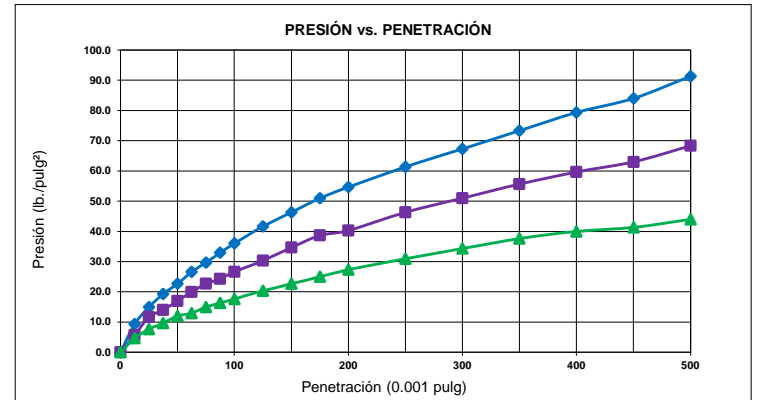
DENSIDAD HUMEDA Y SECA						
MOLDE #:	12		11		10	
No. de Capas	5		5		5	
No. de Golpes/Capa	55		25		12	
Espécimen:	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo	Antes de Remojo	Después de Remojo
Molde + Suelo Húmedo (gr)	11001	11276	10708	10982	10316	10752
Peso Molde (gr)	6299	6299	6160	6160	6225	6225
Peso Suelo Húmedo (gr)	4702	4977	4548	4822	4091	4527
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2278.17	2613.15	2278.17	2755.41	2278.17	2782.94
DENS. HUMEDA (kg/m ³)	2064	1905	1996	1750	1796	1627
DENS. SECA (kg/m ³)	1835	1568	1716	1439	1582	1323

CONTENIDO DE AGUA (Antes de Saturación)									
No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	19	65	58	91	73	75	77	86	95
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	45.73	45.15	43.16	51.4	54.63	50.97	56.24	55.32	55.04
Cápsula + Suelo Seco (gr)	41.63	40.89	38.81	45.92	47.99	44.46	51.15	49.14	49.42
Peso de la Cápsula (gr)	6.90	6.27	6.01	8.46	7.82	8.19	7.86	8.66	8.07
Peso de Agua (gr)	4.10	4.26	4.35	5.48	6.64	6.51	5.09	6.18	5.62
Peso de Suelo Seco (gr)	34.73	34.62	32.80	37.46	40.17	36.27	43.29	40.48	41.35
Contenido de Humedad (%)	11.8	12.3	13.3	14.6	16.5	17.9	11.8	15.3	13.6
Humedad Promedio (%)	12.5			16.4			13.5		

CONTENIDO DE AGUA (Después de Saturación)									
No. de Golpes/Capa	55 Golpes			25 Golpes			12 Golpes		
Cápsula #:	138	126	175	148	141	158	180	173	200
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	48.77	57.02	57.49	60.63	57.51	65.11	54.67	66.31	66.09
Cápsula + Suelo Seco (gr)	43.10	49.56	50.06	52.56	50.30	55.92	47.37	57.58	55.98
Peso de la Cápsula (gr)	16.06	15.54	15.67	15.23	15.24	15.38	16.67	15.16	14.72
Peso de Agua (gr)	5.67	7.46	7.43	8.07	7.21	9.19	7.30	8.73	10.11
Peso de Suelo Seco (gr)	27.04	34.02	34.39	37.33	35.06	40.54	30.70	42.42	41.26
Contenido de Humedad (%)	21.0	21.9	21.6	21.6	20.6	22.7	23.8	20.6	24.5
Humedad Promedio (%)	21.5			21.6			23.0		
Agua Absorbida (%)	9.0			5.2			9.4		

Firmado digitalmente
por LUIS ANTONIO
MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.09.22
08:52:55 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz - JEFE DE LABORATORIO



RESULTADOS		
Densidad seca máx.	1835	kg/m ³
95% Densidad seca máx.	1744	kg/m ³
C.B.R.=	2.90	%

	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			HUM. NATURAL			HUM. GRANULOM.		
	99	187	107	132	191	141	202	117	43	153	157	173	122
Número de tarro	99	187	107	132	191	141	202	117	43	153	157	173	122
Muestra húmeda + tarro (gr)	28.66	25.76	27.62	26.50	21.61	20.33	22.95	68.72	69.57	72.49	82.39	66.85	82.02
Muestra seca + tarro (gr)	25.46	22.81	24.23	23.53	20.71	19.54	22.03	65.18	66.36	68.04	79.84	64.76	79.39
Peso de tarro (gr)	15.58	13.98	14.32	15.38	15.64	15.12	16.80	16.82	14.24	15.62	16.26	15.16	15.72
Peso de agua (gr)	3.20	2.95	3.39	2.97	0.90	0.79	0.92	3.54	3.21	4.45	2.55	2.09	2.63
Peso muestra seca (gr)	9.88	8.83	9.91	8.15	5.07	4.42	5.23	48.36	52.12	52.42	63.58	49.60	63.67
Porcentaje de humedad	32.4%	33.4%	34.2%	36.4%	17.8%	17.9%	17.6%	7.3%	6.2%	8.5%	4.0%	4.2%	4.1%
Número de golpes - Promedio	34	27	23	15	17.8%			7.3%			4.1%		

D ₁₀ =
D ₃₀ = 0.176
D ₆₀ = 7.616

C _u =
C _G =

% Grava	47%
% Arena	27%
% Finos	26%

L. Líquido	33.8%
L. Plástico	17.8%
I. Plasticidad	16.0%
H. Natural	7.3%
I. Liquidez	-0.65

SUCS GC

AASHTO A-2-6 (0)

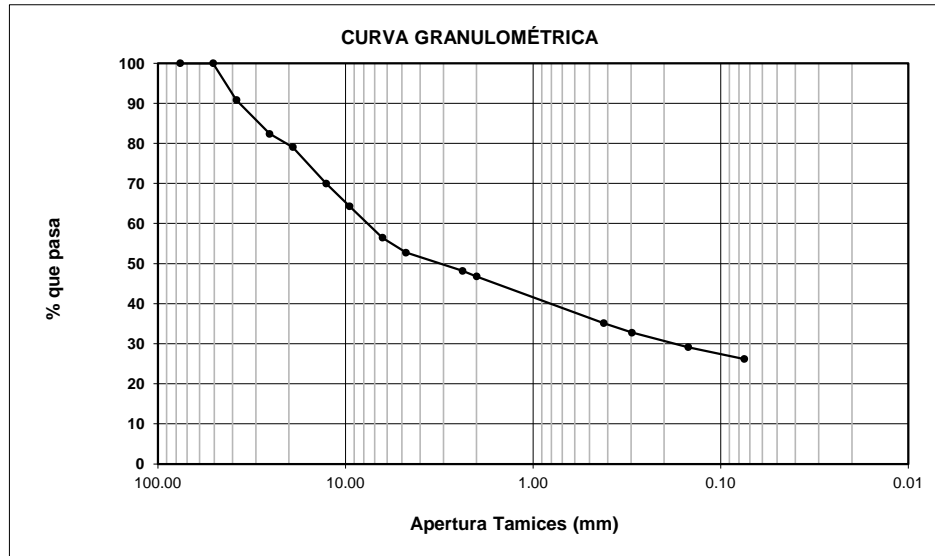
LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Fecha: 2021.09.22 08:58:01 -05'00'

Ing. Luis Matute D.
 JEFE DE LABORATORIO

FRACCION GRUESA

Peso humedo total antes del ensayo (gr)	2500
Peso humedo total después del ensayo (gr)	2496
Error	0.16%
Humedad de material que pasa # 4	4.1%
Peso seco total después del ensayo (gr)	2447

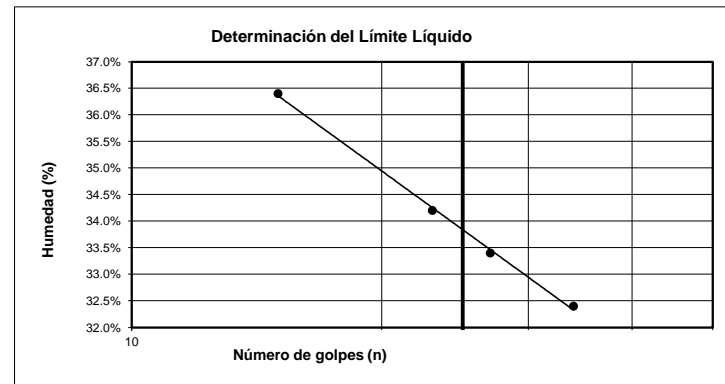
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3"	76.20	0	0	0	0.0	100.0
2"	50.80	0	0	0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	224	224	224	9.2	90.8
1"	25.40	207	207	431	17.6	82.4
3/4"	19.10	81	81	512	20.9	79.1
1/2"	12.70	222	222	734	30.0	70.0
3/8"	9.52	139	139	873	35.7	64.3
1/4"	6.35	192	192	1065	43.5	56.5
Nº 4	4.76	91	91	1156	47.2	52.8
PASA Nº 4		1340	1344			



FRACCION FINA

Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500
Peso seco antes de lavado (gr)	480.31
Peso seco después de lavado (gr)	242.50
Peso seco total después del ensayo	242.90
Error	0.16%

Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Liga % que pasa
Nº 8	2.38	41.7	41.7	41.7	8.7	91.3	48.2
Nº 10	2.00	12.7	12.7	54.4	11.3	88.7	46.8
Nº 40	0.42	106.7	106.3	160.7	33.5	66.5	35.1
Nº 50	0.297	21.3	21.3	182.0	37.9	62.1	32.8
Nº 100	0.149	33.1	33.1	215.1	44.8	55.2	29.1
Nº 200	0.075	26.6	26.6	241.7	50.3	49.7	26.2
FONDO		0.8	238.6	480.3	100.0		

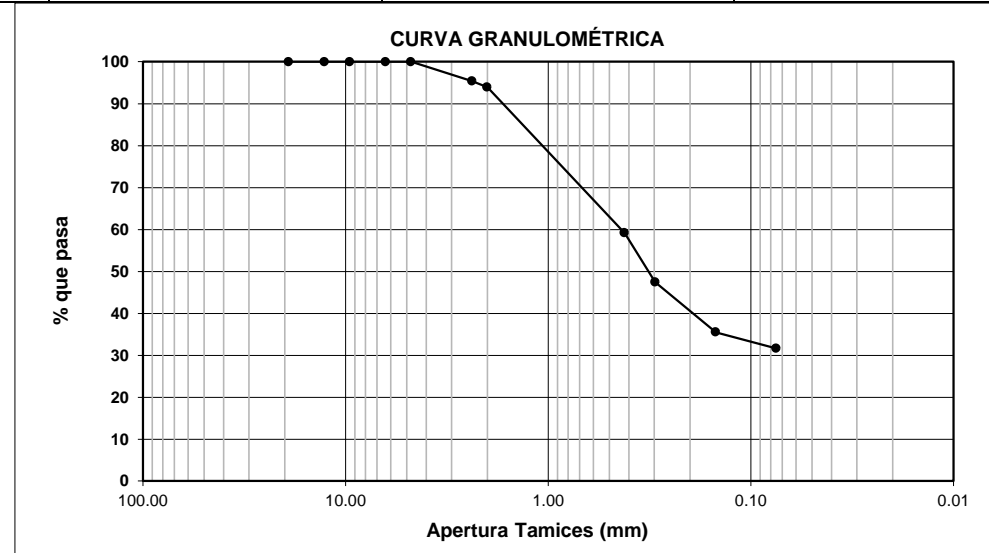


Nota: Para la granulometrías de serie fina y serie gruesa se considera la humedad de granulometría.

	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			HUM. NATURAL			HUM. GRANULOMETRÍA		
	181	125	118		150	203	184	200	121	117	122	93	117
Número de tarro	181	125	118		150	203	184	200	121	117	122	93	117
Muestra húmeda + tarro (gr)	28.29	25.40	25.26		21.09	22.22	21.93	62.67	60.84	63.45	71.27	61.47	67.58
Muestra seca + tarro (gr)	23.06	21.20	20.68		19.90	20.91	20.71	55.22	53.41	56.53	69.75	60.37	66.16
Peso de tarro (gr)	15.40	15.15	14.24		15.07	15.78	15.84	14.69	15.44	15.31	15.72	14.23	15.27
Peso de agua (gr)	5.23	4.20	4.58		1.19	1.31	1.22	7.45	7.43	6.92	1.52	1.10	1.42
Peso muestra seca (gr)	7.66	6.05	6.44		4.83	5.13	4.87	40.53	37.97	41.22	54.03	46.14	50.89
Porcentaje de humedad	68.3%	69.4%	71.1%		24.6%	25.5%	25.1%	18.4%	19.6%	16.8%	2.8%	2.4%	2.8%
Número de golpes - Promedio	31	23	17		25.1%			18.3%			2.7%		

FRACCION FINA	
Peso de material para lavado (gr)	500
Peso seco antes de lavado (gr)	487.0
Peso seco después de lavado (gr)	335.6
Peso seco total después del ensayo	335.4
Error	0.06%

Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3/4"	19.10		0	0	0.0	100.0
1/2"	12.70		0	0	0.0	100.0
3/8"	9.52		0	0	0.0	100.0
1/4"	6.35		0	0	0.0	100.0
Nº 4	4.76		0	0	0.0	100.0
Nº 8	2.38	22.5	22.5	22.5	4.6	95.4
Nº 10	2.00	6.9	6.9	29.4	6.0	94.0
Nº 40	0.42	169.3	169.5	198.9	40.8	59.2
Nº 50	0.297	57.1	57.1	256	52.6	47.4
Nº 100	0.149	58.1	58.1	314.1	64.5	35.5
Nº 200	0.075	18.9	18.9	333	68.4	31.6
FONDO		2.6	154.0	487.0	100.0	



D ₁₀ =	
D ₃₀ =	
D ₆₀ =	0.436

% Grava	0%
% Arena	68%
% Finos	32%

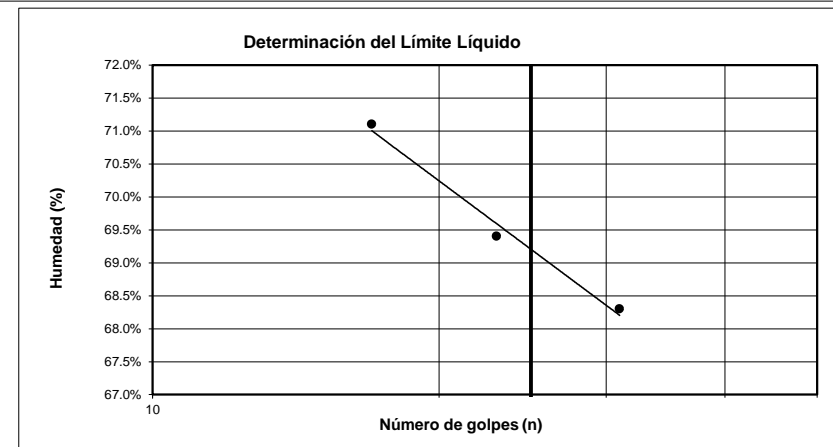
C _U =	
C _G =	

SUCS SC
AASHTO A-2-7 (4)

L. Líquido	69.2%
L. Plástico	25.1%
I. Plasticidad	44.1%
H. Natural	18.3%
I. Liquidez	-0.15

LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Fecha: 2021.09.22 08:56:37 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz, MS
 Jefe de Laboratorio



Muestra: Calicata # 3
Ubicación: Yunquil

Prof. : 0.00 - 1.50 m

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			HUM.NATURAL			HUM. GRANULOM.		
	184	125	122	131	150	182	20	25	39	107	127	111
Número de tarro												
Muestra húmeda + tarro (gr)	28.89	28.06	30.38	20.02	22.04	22.36	47.48	39.32	43.28	64.28	70.93	69.68
Muestra seca + tarro (gr)	24.63	23.72	25.32	18.90	20.46	20.87	43.88	36.49	39.85	61.37	67.68	66.40
Peso de tarro (gr)	15.88	15.22	15.72	15.07	15.15	15.73	7.17	6.48	6.56	14.33	16.83	15.60
Peso de agua (gr)	4.26	4.34	5.06	1.12	1.58	1.49	3.60	2.83	3.43	2.91	3.25	3.28
Peso muestra seca (gr)	8.75	8.50	9.60	3.83	5.31	5.14	36.71	30.01	33.29	47.04	50.85	50.80
Porcentaje de humedad	48.7%	51.1%	52.7%	29.2%	29.8%	29.0%	9.8%	9.4%	10.3%	6.2%	6.4%	6.5%
Número de golpes - Promedio	33	23	18	29.3%			9.8%			6.4%		

D₁₀ =
D₃₀ = 0.108
D₆₀ = 2.179

C_u =
C_g =

% Grava	34.5%
% Arena	38.6%
% Finos	26.9%

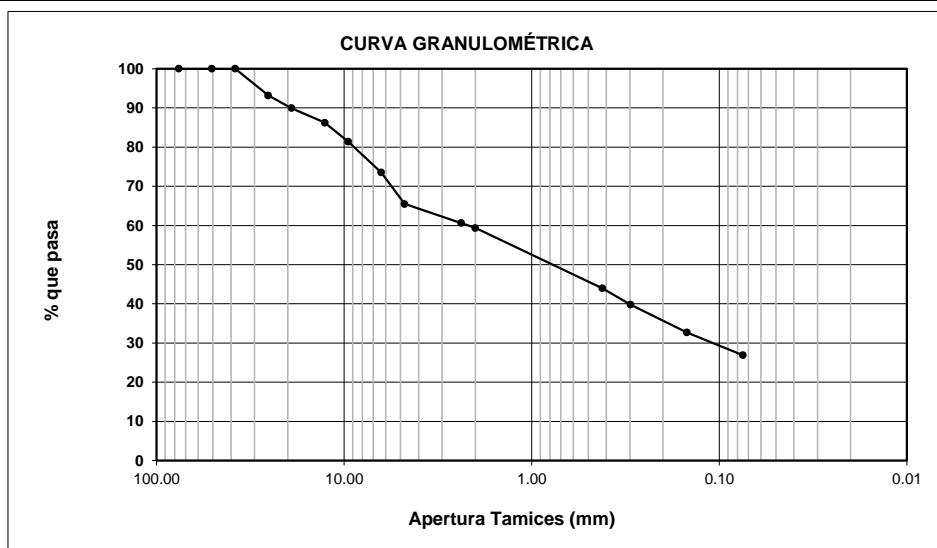
L. Líquido	50.5%
L. Plástico	29.3%
I. Plasticidad	21.2%
H. Natural	9.8%
I. Liquidez	-0.92

SUCS SM
AASHTO A-2-7⁽⁰⁾

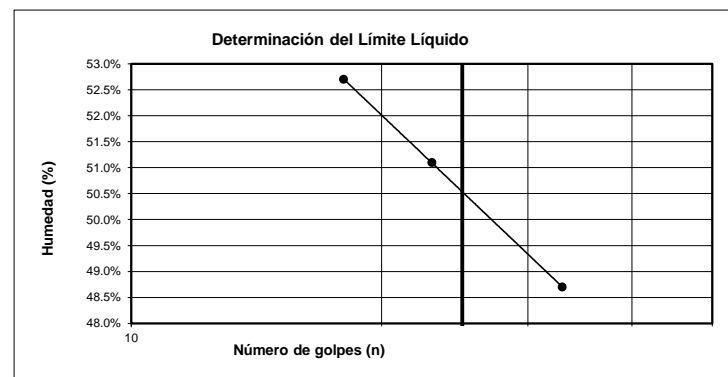
LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Firmado digitalmente por
 LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Fecha: 2021.09.22
 08:55:13 -05'00'

 Ing. Luis Matute D.
 JEFE DE LABORATORIO

FRACCION GRUESA						
Peso humedo total antes del ensayo (gr)	2500					
Peso humedo total después del ensayo (gr)	2498					
Error	0.08%					
Humedad de material que pasa # 4	6.4%					
Peso seco total después del ensayo (gr)	2400					
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	% retenido	% que pasa
3"	76.20	0	0	0	0.0	100.0
2"	50.80	0	0	0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0	0	0	0.0	100.0
1"	25.40	163	163	163	6.8	93.2
3/4"	19.10	78	78	241	10.0	90.0
1/2"	12.70	89	89	330	13.8	86.2
3/8"	9.52	117	117	447	18.6	81.4
1/4"	6.35	188	188	635	26.5	73.5
Nº 4	4.76	193	193	828	34.5	65.5
PASA Nº 4		1672				



FRACCION FINA							
Peso para lavado de material que pasa #4 (gr)	500						
Peso seco antes de lavado (gr)	470.07						
Peso seco después de lavado (gr)	279.40						
Peso seco total después del ensayo	279.20						
Error	0.07%						
Tamiz	Apertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (gr)	Peso ret. correg. (gr)	Peso ret. acumu. (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Liga % que pasa
Nº 8	2.38	34.8	34.8	34.8	7.4	92.6	60.6
Nº 10	2.00	9.2	9.2	44.0	9.4	90.6	59.4
Nº 40	0.42	110.3	110.5	154.5	32.9	67.1	44.0
Nº 50	0.297	30.0	30.0	184.5	39.2	60.8	39.8
Nº 100	0.149	50.8	50.8	235.3	50.1	49.9	32.7
Nº 200	0.075	41.8	41.8	277.1	58.9	41.1	26.9
FONDO		2.3	193.0	470.1	100.0		



Nota: Para la granulometrías de serie fina y serie gruesa se considera la humedad de granulometría.

Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquíl, Calles Urb. "Los Precaristas"

Muestra: Calicata # 1

Profundidad: 0.00-1.50 m

Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima

Descripción: Grava arcillosa

Características del Ensayo		Características del Molde	
Método:	D	Molde No.:	1
Material Pasante:	3/4"	Peso Molde:	6550 gr
Peso Martillo:	10 lbs	Diámetro Molde:	15.184 cm
Altura de caída:	18 pulg	Altura Molde:	11.64 cm
# de Capas:	5	Área Molde:	181.08 cm ²
Golpes por Capa:	56	Volumen Molde:	2107.73 cm ³

Datos Ensayo

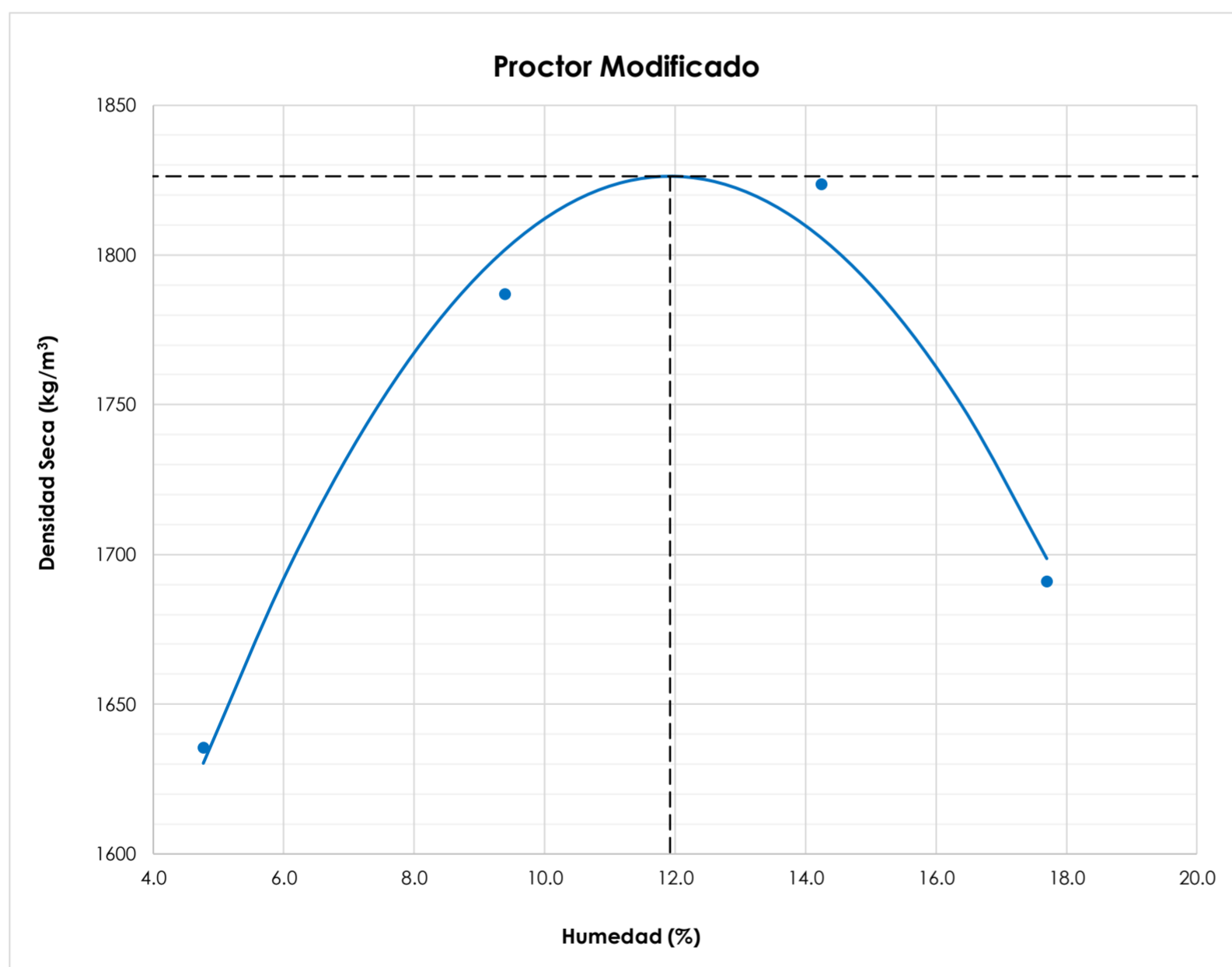
Muestra No.	1	2	3	4
Molde + Suelo Húmedo (gr)	10161	10670	10941	10745
Peso Suelo Húmedo (gr)	3611	4120	4391	4195
Densidad Húmeda (kg/m ³)	1713	1955	2083	1990

Humedades

Cápsula #:	191	99	177	158	132			138	175		25	20			
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	78.34	74.44	67.60	67.86	70.66			60.44	68.51		47.16	44.95			
Cápsula + Suelo Seco (gr)	75.41	71.95	65.08	63.29	65.94			54.88	61.93		41.08	39.23			
Peso de la Cápsula (gr)	15.65	15.58	14.80	15.39	15.38			16.06	15.66		6.48	7.17			
Peso de Agua (gr)	2.93	2.49	2.52	4.57	4.72			5.56	6.58		6.08	5.72			
Peso de Suelo Seco (gr)	59.76	56.37	50.28	47.90	50.56			38.82	46.27		34.60	32.06			
Contenido de Humedad (%)	4.9	4.4	5.0	9.5	9.3			14.3	14.2		17.6	17.8			

Resultados

Humedad Promedio (%)	4.8	9.4	14.3	17.7
Densidad Seca (kg/m ³)	1635	1787	1823	1691



Humedad Óptima: 11.9 %

 Densidad Seca Máxima: 1826 kg/m³

LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Fecha: 2021.10.19 13:13:39 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz, MS

Jefe de Laboratorio

Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquil, Calles Urb. "Los Precaristas"

Muestra: Calicata #2

Profundidad: 0.00-1.50 m

Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima

Descripción: Arena arcillosa

Características del Ensayo		Características del Molde	
Método:	B	Molde No.:	1
Material Pasante:	#4	Peso Molde:	6548 gr
Peso Martillo:	10 lbs	Diámetro Molde:	15.17 cm
Altura de caída:	18 pulg	Altura Molde:	11.65 cm
# de Capas:	5	Área Molde:	180.74 cm ²
Golpes por Capa:	56	Volumen Molde:	2105.65 cm ³

Datos Ensayo

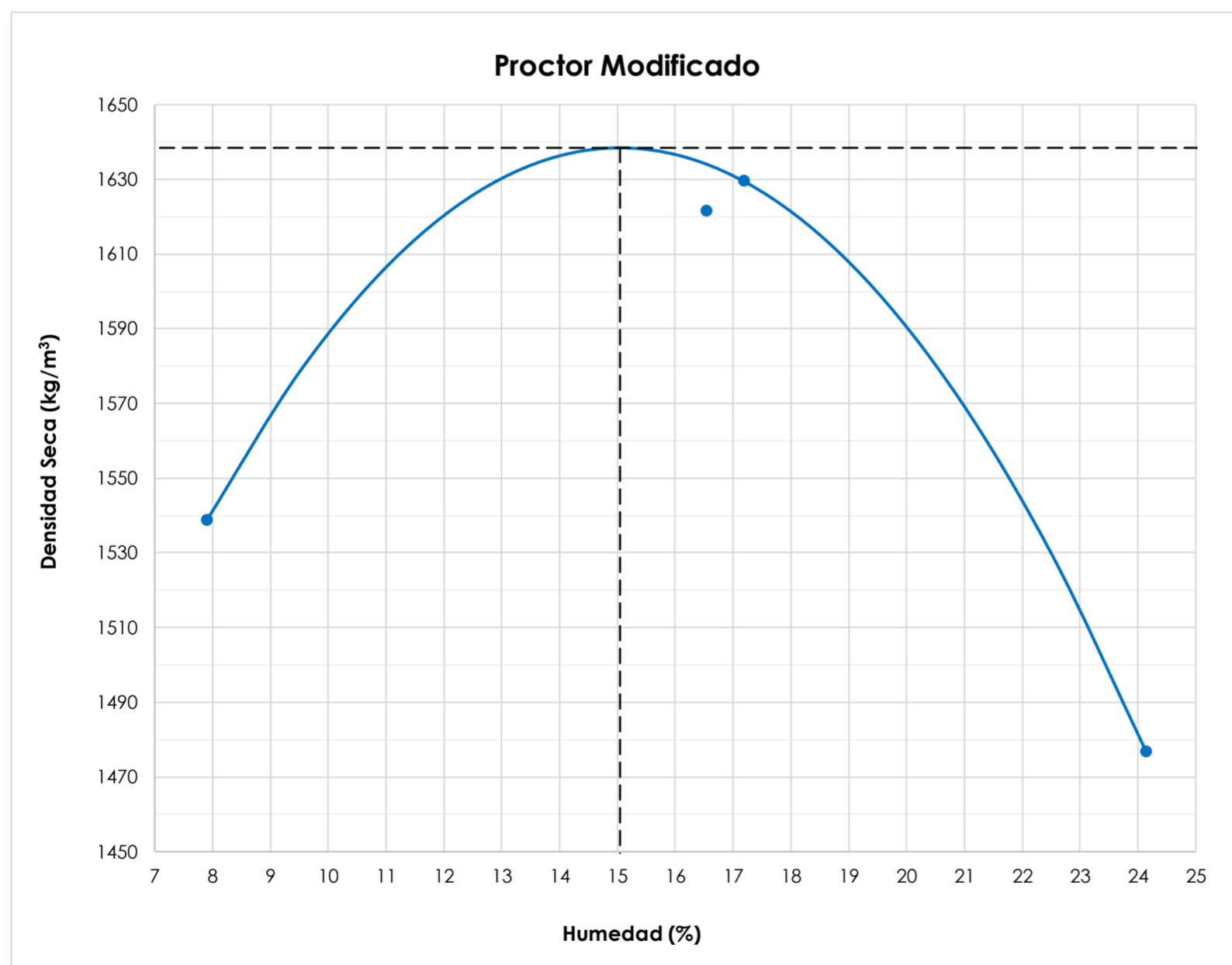
Muestra No.	1	2	3	4
Molde + Suelo Húmedo (gr)	10044	10527	10569	10408
Peso Suelo Húmedo (gr)	3496	3979	4021	3860
Densidad Húmeda (kg/m ³)	1660	1890	1910	1833

Humedades

Cápsula #:	86	95	77	91	1	73	46	59	40
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	66.43	63.68	65.85	47.85	42.26	48.42	47.42	33.37	34.74
Cápsula + Suelo Seco (gr)	62.13	59.65	61.60	42.34	37.22	42.49	41.48	28.24	29.26
Peso de la Cápsula (gr)	8.65	8.06	7.86	8.47	7.18	7.81	7.11	6.48	7.09
Peso de Agua (gr)	4.30	4.03	4.25	5.51	5.04	5.93	5.94	5.13	5.48
Peso de Suelo Seco (gr)	53.48	51.59	53.74	33.87	30.04	34.68	34.37	21.76	22.17
Contenido de Humedad (%)	8.0	7.8	7.9	16.3	16.8	17.1	17.3	23.6	24.7

Resultados

Humedad Promedio (%)	7.9	16.6	17.2	24.2
Densidad Seca (kg/m ³)	1539	1621	1629	1477



Humedad Óptima: 15.0 %

 Densidad Seca Máxima: 1638 kg/m³
**LUIS
ANTONIO
MATUTE
DIAZ**

 Firmado
digitalmente por
LUIS ANTONIO
MATUTE DIAZ
Fecha: 2021.10.19
13:13:05 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz, MS

Jefe de Laboratorio

Proyecto: Estudio Vía de Acceso a Yunquill, Calles Urb. "Los Precaristas"

Muestra: Calicata #3

Profundidad: 0.00-1.50 m

Solicitado por: Ing. Marta Loja, Ing. Gustavo Washima

Descripción: Arena arcillosa

Características del Ensayo

 Método: D
 Material Pasante: 3/4"
 Peso Martillo: 5.5 lbs
 Altura de caída: 12 pulg
 # de Capas: 3
 Golpes por Capa: 56

Características del Molde

 Molde No.: 1
 Peso Molde: 6550 gr
 Diámetro Molde: 15.184 cm
 Altura Molde: 11.64 cm
 Área Molde: 181.08 cm²
 Volumen Molde: 2107.73 cm³
Datos Ensayo

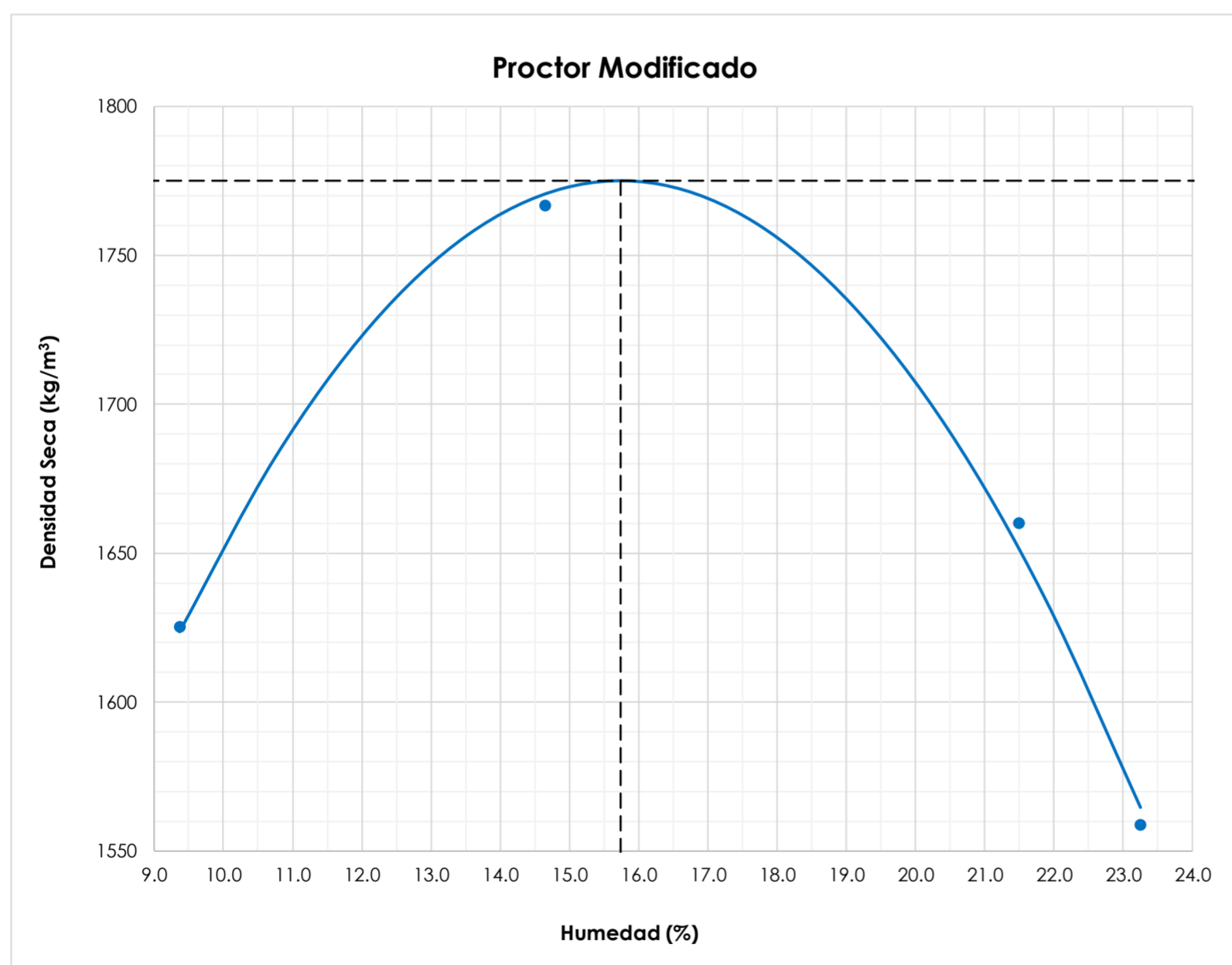
Muestra No.	1	2	3	4
Molde + Suelo Húmedo (gr)	10296	10819	10801	10599
Peso Suelo Húmedo (gr)	3746	4269	4251	4049
Densidad Húmeda (kg/m ³)	1777	2025	2017	1921

Humedades

Cápsula #:	126	132	187	175	138	51	39	20	64
Cápsula + Suelo Húmedo (gr)	81.18	69.90	75.93	86.77	81.81	43.36	39.79	40.11	37.50
Cápsula + Suelo Seco (gr)	75.73	65.11	70.59	77.82	73.29	36.79	33.94	34.15	31.41
Peso de la Cápsula (gr)	15.53	15.37	13.97	15.66	16.05	6.38	6.55	7.16	6.48
Peso de Agua (gr)	5.45	4.79	5.34	8.95	8.52	6.57	5.85	5.96	6.09
Peso de Suelo Seco (gr)	60.20	49.74	56.62	62.16	57.24	30.41	27.39	26.99	24.93
Contenido de Humedad (%)	9.1	9.6	9.4	14.4	14.9	21.6	21.4	22.1	24.4

Resultados

Humedad Promedio (%)	9.4	14.7	21.5	23.3
Densidad Seca (kg/m ³)	1625	1767	1660	1559



Humedad Óptima: 15.7 %

 Densidad Seca Máxima: 1775 kg/m³

 LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO MATUTE DIAZ
 Fecha: 2021.10.19 13:12:36 -05'00'

Ing. Luis A. Matute Díaz, MS

Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD DE CUENCA - ELECAUSTRO S.A.



DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTE - III COHORTE



MONOGRAFÍA DE CALICATAS - PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Calicata:	PCA # 01	Abscisa:	2+000				
Proyecto:	Diseño de la vía de acceso a Yunquil			Datum:	WGS84-17S	Nivel Freático:	---
Coordenadas UTM WGS84-17S:	678300.9 E	9625547.8 N				Tipo de excavación:	Manual
Altitud:	1827.5 m.s.n.m.			Profundidad:	1.50 m	Muestras extraídas:	1

PROFUNDIDAD (m):	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	FOTOGRAFÍAS																								
0.00	Capa de tierra vegetal, con presencia de material organico como raices de plantas, material arenoso con contenido de finos que proporcionan una plasticidad considerable.																									
0.20	Capa de material clasificado como Grava - Arcillosa. La calicata se realizó en la abscisa 2+000 de la vía de estudio. No se identifica nivel freático. Se extraen muestras de los materiales para ensayos de clasificación, y CBR.																									
	<p>Muestra: PCA # 01</p> <table> <tr> <td>LL:</td> <td>33.80%</td> <td>Clasificación</td> <td></td> <td>Gradación:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>17.80%</td> <td>SUCS:</td> <td>GC</td> <td>Grava:</td> <td>47.00%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>16.00%</td> <td>AASHTO:</td> <td>A-2-6 (0)</td> <td>Arena:</td> <td>27.00%</td> </tr> <tr> <td>%Humedad:</td> <td>7.30%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>26.00%</td> </tr> </table>	LL:	33.80%	Clasificación		Gradación:		LP:	17.80%	SUCS:	GC	Grava:	47.00%	IP:	16.00%	AASHTO:	A-2-6 (0)	Arena:	27.00%	%Humedad:	7.30%			Finos:	26.00%	
LL:	33.80%	Clasificación		Gradación:																						
LP:	17.80%	SUCS:	GC	Grava:	47.00%																					
IP:	16.00%	AASHTO:	A-2-6 (0)	Arena:	27.00%																					
%Humedad:	7.30%			Finos:	26.00%																					
1.50																										



UNIVERSIDAD DE CUENCA - ELECAUSTRO S.A.



DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTE - III COHORTE



MONOGRAFÍA DE CALICATAS - PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Calicata:	PCA # 02	Abscisa:	4+000				
Proyecto:	Diseño de la vía de acceso a Yunquil			Datum:	WGS84-17S	Nivel Freático:	---
Coordenadas UTM WGS84-17S:	679475.9 E	9625100.7 N				Tipo de excavación:	Manual
Altitud:	1961.8 m.s.n.m.			Profundidad:	1.50 m	Muestras extraídas:	1

PROFUNDIDAD (m):	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	FOTOGRAFÍAS																				
0.00	Capa de tierra vegetal, con presencia de material organico como raices de plantas, material arenoso con contenido de finos que proporcionan una plasticidad considerable.																					
0.20	Capa de material clasificado como Arena - Arcillosa. La calicata se realizó en la abscisa 4+000 de la vía de estudio. No se identifica nivel freático. Se extraen muestras de los materiales para ensayos de clasificación, y CBR.																					
	<table border="0"> <tr> <td>Muestra:</td> <td>PCA # 02</td> <td>Clasificación</td> <td>Gradación:</td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>69.20%</td> <td>SUCS: SC</td> <td>Grava: 0.00%</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>25.10%</td> <td>AASHTO: A-2-7 (4)</td> <td>Arena: 68.00%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>44.10%</td> <td></td> <td>Finos: 32.00%</td> </tr> <tr> <td>%Humedad:</td> <td>18.30%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muestra:	PCA # 02	Clasificación	Gradación:	LL:	69.20%	SUCS: SC	Grava: 0.00%	LP:	25.10%	AASHTO: A-2-7 (4)	Arena: 68.00%	IP:	44.10%		Finos: 32.00%	%Humedad:	18.30%			
Muestra:	PCA # 02	Clasificación	Gradación:																			
LL:	69.20%	SUCS: SC	Grava: 0.00%																			
LP:	25.10%	AASHTO: A-2-7 (4)	Arena: 68.00%																			
IP:	44.10%		Finos: 32.00%																			
%Humedad:	18.30%																					
1.50																						



UNIVERSIDAD DE CUENCA - ELECAUSTRO S.A.



DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTE - III COHORTE



MONOGRAFÍA DE CALICATAS - PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Calicata:	PCA # 03	Abscisa:	8+000				
Proyecto:	Diseño de la vía de acceso a Yunquil			Datum:	WGS84-17S	Nivel Freático:	---
Coordenadas UTM WGS84-17S:	677729.3 E	9623450.5 N				Tipo de excavación:	Manual
Altitud:	2155.1 m.s.n.m.			Profundidad:	1.50 m	Muestras extraídas:	1

PROFUNDIDAD (m):	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	FOTOGRAFÍAS																								
0.00	Capa de tierra vegetal, con presencia de material organico como raices de plantas, material arenoso con contenido de finos que proporcionan una plasticidad considerable.																									
0.20	Capa de material clasificado como Arena - Limosa. La calicata se realizó en la abscisa 8+000 de la vía de estudio. No se identifica nivel freático. Se extraen muestras de los materiales para ensayos de clasificación, y CBR.																									
	<p>Muestra: PCA # 03</p> <table> <tr> <td>LL:</td> <td>50.50%</td> <td>Clasificación</td> <td></td> <td>Gradación:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>29.30%</td> <td>SUCS:</td> <td>SM</td> <td>Grava:</td> <td>34.50%</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>21.20%</td> <td>AASHTO:</td> <td>A-2-7 (0)</td> <td>Arena:</td> <td>38.60%</td> </tr> <tr> <td>%Humedad:</td> <td>9.80%</td> <td></td> <td></td> <td>Finos:</td> <td>26.90%</td> </tr> </table>	LL:	50.50%	Clasificación		Gradación:		LP:	29.30%	SUCS:	SM	Grava:	34.50%	IP:	21.20%	AASHTO:	A-2-7 (0)	Arena:	38.60%	%Humedad:	9.80%			Finos:	26.90%	
LL:	50.50%	Clasificación		Gradación:																						
LP:	29.30%	SUCS:	SM	Grava:	34.50%																					
IP:	21.20%	AASHTO:	A-2-7 (0)	Arena:	38.60%																					
%Humedad:	9.80%			Finos:	26.90%																					
1.50																										

10.Anexo 3. Cálculos del Diseño de la estructura de Pavimento








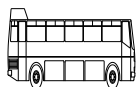
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (1/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: lunes, 12 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS	TAXIS	2 EJES	3 EJES	2S2	3S2	3S3	2 EJES	
									
00:00-01:00									0
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00									0
05:00-06:00	1		1						2
06:00-07:00	1	2							3
07:00-08:00	4								4
08:00-09:00	5		2						7
09:00-10:00	5	2							7
10:00-11:00	3	3							6
11:00-12:00	1	1							2
12:00-13:00	2	1	2						5
13:00-14:00	3	2							5
14:00-15:00	5	1	1						7
15:00-16:00	6	2							8
16:00-17:00	3		2						5
17:00-18:00	1	1							2
18:00-19:00	2	1							3
19:00-20:00	1	1							2
20:00-21:00	1								1
21:00-22:00		1							1
22:00-23:00	1								1
23:00-24:00	1								1
SUTOTAL	46	18	8	0	0	0	0	0	72
TOTAL	64		8					0	72
TOTAL %	88.89%		11.11%					0.00%	100.00%








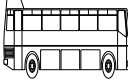
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (2/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: martes, 13 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS	TAXIS	2 EJES	3 EJES	2S2	3S2	3S3	2 EJES	
									
00:00-01:00	1								1
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00									0
05:00-06:00	1		1						2
06:00-07:00	3	1	2	1					7
07:00-08:00	12		1	1					14
08:00-09:00	1		1						2
09:00-10:00	2								2
10:00-11:00	1								1
11:00-12:00	5								5
12:00-13:00	8			1					9
13:00-14:00	2	1	3						6
14:00-15:00	10								10
15:00-16:00	4	2		1					7
16:00-17:00	4		3						7
17:00-18:00	3								3
18:00-19:00	1								1
19:00-20:00	2								2
20:00-21:00		1	1						2
21:00-22:00	1								1
22:00-23:00	1	1	1						3
23:00-24:00									0
SUTOTAL	62	6	13	4	0	0	0	0	85
TOTAL	68		17					0	85
TOTAL %	94.44%		23.61%					0.00%	118.06%








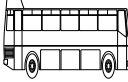
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (3/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: miércoles, 14 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS 	TAXIS 	2 EJES 	3 EJES 	2S2 	3S2 	3S3 	2 EJES 	
00:00-01:00	1								1
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00									0
05:00-06:00	2								2
06:00-07:00	1	2		1					4
07:00-08:00	7	1	3						11
08:00-09:00	4		2						6
09:00-10:00	7	1							8
10:00-11:00	7								7
11:00-12:00	1								1
12:00-13:00	2								2
13:00-14:00	1	1							2
14:00-15:00	2								2
15:00-16:00	6		1						7
16:00-17:00	7	2	1						10
17:00-18:00	1								1
18:00-19:00	1	1							2
19:00-20:00	2		1						3
20:00-21:00									0
21:00-22:00	1								1
22:00-23:00	1	1	1						3
23:00-24:00	1								1
SUTOTAL	55	9	9	1	0	0	0	0	74
TOTAL	64		10					0	74
TOTAL %	88.89%		13.89%					0.00%	102.78%



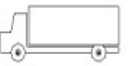




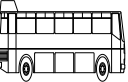
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (4/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: jueves, 15 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS	TAXIS	2 EJES	3 EJES	2S2	3S2	3S3	2 EJES	
									
00:00-01:00	1								1
01:00-02:00									0
02:00-03:00	1								1
03:00-04:00									0
04:00-05:00									0
05:00-06:00	1		1						2
06:00-07:00	3		2						5
07:00-08:00	2		4						6
08:00-09:00	6								6
09:00-10:00	5								5
10:00-11:00	2	3							5
11:00-12:00	9								9
12:00-13:00	8		1						9
13:00-14:00	3		3						6
14:00-15:00	9				1				10
15:00-16:00	4	2			1				7
16:00-17:00	5		4						9
17:00-18:00	3								3
18:00-19:00	1								1
19:00-20:00	2								2
20:00-21:00	1		1						2
21:00-22:00	1	2							3
22:00-23:00	1		1						2
23:00-24:00									0
SUTOTAL	68	7	17	0	2	0	0	0	94
TOTAL	75		19					0	94
TOTAL %	104.17%		26.39%					0.00%	130.56%








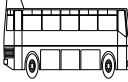
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (5/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: viernes, 16 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS	TAXIS	2 EJES	3 EJES	2S2	3S2	3S3	2 EJES	
									
00:00-01:00	1	1							2
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00	1								1
05:00-06:00		1							1
06:00-07:00	2	1	1						4
07:00-08:00	7		3						10
08:00-09:00	5		2						7
09:00-10:00	2								2
10:00-11:00	4								4
11:00-12:00	5		2						7
12:00-13:00	3	3	4						10
13:00-14:00	4	2	2						8
14:00-15:00	5	1	3						9
15:00-16:00	5		1						6
16:00-17:00	6		6						12
17:00-18:00	5								5
18:00-19:00	1								1
19:00-20:00									0
20:00-21:00	1								1
21:00-22:00	2		1						3
22:00-23:00	1	1	1						3
23:00-24:00	1								1
SUTOTAL	61	10	26	0	0	0	0	0	97
TOTAL	71		26					0	97
TOTAL %	98.61%		36.11%					0.00%	134.72%








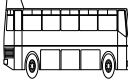
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (6/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: sábado, 17 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS 	TAXIS 	2 EJES 	3 EJES 	2S2 	3S2 	3S3 	2 EJES 	
00:00-01:00									0
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00	2								2
05:00-06:00									0
06:00-07:00	3	4							7
07:00-08:00	6	2							8
08:00-09:00	5	2							7
09:00-10:00	7	1							8
10:00-11:00	4								4
11:00-12:00	4	2	1						7
12:00-13:00	3	2	2						7
13:00-14:00	4	1							5
14:00-15:00	5	1	4						10
15:00-16:00	4								4
16:00-17:00	6								6
17:00-18:00	3		2						5
18:00-19:00	1	1							2
19:00-20:00									0
20:00-21:00	2	2							4
21:00-22:00		1							1
22:00-23:00	1								1
23:00-24:00	1								1
SUTOTAL	61	19	9	0	0	0	0	0	89
TOTAL	80		9					0	89
TOTAL %	111.11%		12.50%					0.00%	123.61%








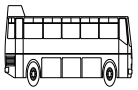
ANEXO 3.1 DATOS DE CONTEO VEHICULAR (7/7)

CONTEO VEHICULAR - VÍA DE ACCESO A LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE YÚLUC (JUNTO AL INGRESO AL SECTOR DENOMINADO YUNQUIL)

Fecha: domingo, 18 de julio de 2021

Hora de inicio: 00:00

Hora de inicio: 24:00:00

HORA	LIVIANOS		CAMIONES					BUSES	TOTAL VEHICULOS
	AUTOS 	TAXIS 	2 EJES 	3 EJES 	2S2 	3S2 	3S3 	2 EJES 	
00:00-01:00									0
01:00-02:00									0
02:00-03:00									0
03:00-04:00									0
04:00-05:00									0
05:00-06:00	2		1						3
06:00-07:00	3	1							4
07:00-08:00	7								7
08:00-09:00	6		1						7
09:00-10:00	7	2							9
10:00-11:00	3	1	1						5
11:00-12:00	4	1							5
12:00-13:00	5		1						6
13:00-14:00	5		1						6
14:00-15:00	6	2	2						10
15:00-16:00	5	5							10
16:00-17:00	5	2							7
17:00-18:00	5	2							7
18:00-19:00	2	1							3
19:00-20:00	2								2
20:00-21:00	1								1
21:00-22:00		1							1
22:00-23:00	1								1
23:00-24:00	1								1
SUTOTAL	70	18	7	0	0	0	0	0	95
TOTAL	88		7					0	95
TOTAL %	122.22%		9.72%					0.00%	131.94%

ANEXO 3.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR METODO DE LA ASSHTO ALTERNATIVA 1						
No. Repeticiones (ESALs o W18)	Primera etapa	92371	NOMOGRAPH SOLVES: $\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$			
	Segunda etapa	196903				
Confiabilidad	Confiabilidad	80.00%				
	Zr	-0.84				
Desviación Estándar	So	0.35				
Parámetros de resistencia de los materiales	Material	CBR	Mr	Coef. "a"	Coef. Dren. "m"	
	Subrasante	2.40	3600	---	---	
	Mejoramiento	20.00	13201	0.09	0.8	
	Subbase	30.00	15000	0.11	1	
	Base	80.00	29000	0.137	1	
	Base estabiliz. Cem.	---	580000	0.21	1.2	
	Carpeta asf.	---	400000	0.42	---	
Pérdida de Serviciabilidad	Po	4.2				
	Pt	2				
	ΔPSI	2.2				
CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL						
Parámetro fórmula	Primera etapa			Segunda etapa		
	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Mr capa	13201	29000	400000	13201	29000	400000
Zr * So	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29
9.36*log10(SN+1)	5.33	3.98	3.18	5.68	4.32	3.51
-0.2	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20
Log10(ΔPSI/(4.2-1.5))/(0.4+1094/(SN+1)^5.19)	-0.06	-0.01	0.00	-0.08	-0.02	-0.01
2.32*log10(MR)-8.07	0.18	1.49	2.28	0.18	1.49	2.28
SN	2.72	1.66	1.19	3.05	1.89	1.37
A-log(w18) = 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CALCULO DE ESPESORES						
PARÁMETRO	Primera etapa			Segunda etapa		
	SN3	SN2	SN1	SN3	SN2	SN1
	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Coefficientes a1, a2, a3	0.09	0.14	0.42	0.09	0.14	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	0.80	1.00	---	0.80	1.00	---
Número estructural SN1 = a1*D1 SN2 = SN1 + a2*m2*D2 SN3 = SN2 + a3*m3*D3	2.72	1.66	1.19	3.05	1.89	1.37
Espesor D1, D2, D3 [pulg]	8.97	2.95	2.83	7.77	1.55	3.27
Espesor redondeado D1', D2', D3' [pulg]	9.06	3.15	3.15	7.87	1.57	3.54
Espesor redondeado D1', D2', D3 [cm]	23.00	8.00	8.00	20.00	4.00	9.00
Espesor adoptado D1', D2', D3' [cm]	23.00	15.00	7.62	23.00	15.00	10.16
SN corregido	2.72	2.07	1.26	3.14	2.49	1.68
Comprobacion	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

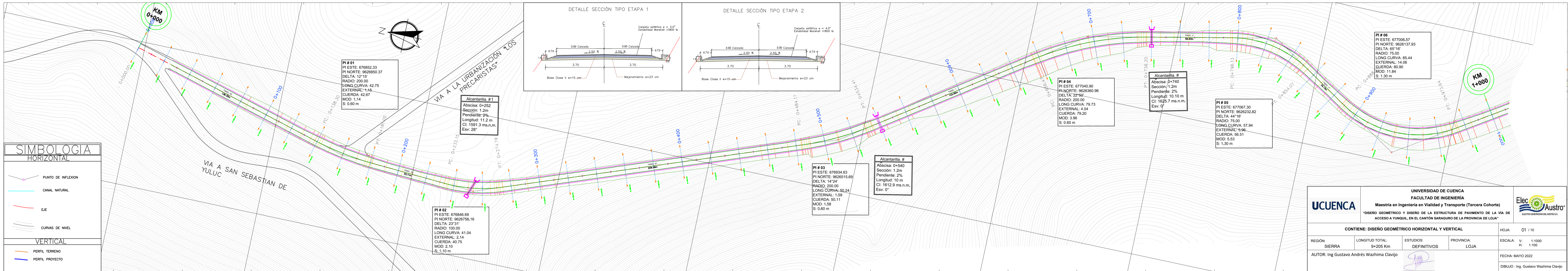
ANEXO 3.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR METODO DE LA ASSHTO ALTERNATIVA 2						
No. Repeticiones (ESALs o W18)	Primera etapa	92371	NOMOGRAPH SOLVES: $\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$			
	Segunda etapa	196903				
Confiabilidad	Confiabilidad	80.00%				
Desviación Estándar	Zr	-0.84				
	So	0.35				
Parámetros de resistencia de los materiales	Material	CBR	Mr	Coef. "a"	Coef. Dren. "m"	
	Subrasante	2.40	3600	---	---	
	Mejoramiento	20.00	13201	0.09	0.8	
	Subbase	30.00	15000	0.11	1	
	Base	80.00	29000	0.137	1	
	Base estabiliz. Cem.	---	580000	0.21	1.2	
	Carpeta asf.	---	400000	0.42	---	
Pérdida de Serviciabilidad	Po	4.2				
	Pt	2				
	ΔPSI	2.2				
CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL						
Parámetro fórmula	Primera etapa			Segunda etapa		
	---	---	---	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Mr capa	---	---	---	13201	29000	400000
Zr * So	---	---	---	-0.29	-0.29	-0.29
9.36*log10(SN+1)	---	---	---	5.68	4.32	3.51
-0.2	---	---	---	-0.20	-0.20	-0.20
Log10(ΔPSI/(4.2-1.5))/(0.4+1094/(SN+1)^5.19)	---	---	---	-0.08	-0.02	-0.01
2.32*log10(MR)-8.07	---	---	---	0.18	1.49	2.28
SN	---	---	---	3.05	1.89	1.37
A-log(w18) = 0	---	---	---	0.00	0.00	0.00
CALCULO DE ESPESORES						
PARÁMETRO	Primera etapa			Segunda etapa		
	SN2	SN1	---	SN3	SN2	SN1
	---	---	---	Mejoramiento	Base	Carpeta asf.
Coefficientes a1, a2, a3	---	---	---	0.09	0.14	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	---	---	---	0.80	1.00	---
Número estructural SN1 = a1*D1 SN2 = SN1 + a2*m2*D2 SN3 = SN2 + a3*m3*D3	---	---	---	3.05	1.89	1.37
Espesor D1, D2, D3 [pulg]	---	---	---	10.68	3.08	3.27
Espesor redondeado D1', D2', D3' [pulg]	---	---	---	11.02	3.15	3.54
Espesor redondeado D1', D2', D3 [cm]	---	---	---	28.00	8.00	9.00
Espesor adoptado D1', D2', D3' [cm]	---	---	---	28.00	15.00	8.89
SN corregido	---	---	---	3.07	2.28	1.47
Comprobacion	---	---	---	Cumple	Cumple	Cumple

ANEXO 3.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR METODO DE LA ASSHTO ALTERNATIVA 3						
No. Repeticiones (ESALs o W18)	Primera etapa	92371	NOMOGRAPH SOLVES: $\log_{10} \frac{W}{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$			
	Segunda etapa	196903				
Confiabilidad	Confiabilidad	80.00%				
Desviación Estándar	Zr	-0.84				
	So	0.35				
Parámetros de resistencia de los materiales	Material	CBR	Mr	Coef. "a"	Coef. Dren. "m"	
	Subrasante	2.40	3600	---	---	
	Mejoramiento	20.00	13201	0.09	0.8	
	Subbase	30.00	15000	0.11	1	
	Base	80.00	29000	0.137	1	
	Base estabiliz. Cem.	---	580000	0.21	1.2	
	Carpeta asf.	---	400000	0.42	---	
Pérdida de Serviciabilidad	Po	4.2				
	Pt	2				
	ΔPSI	2.2				
CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL						
Parámetro fórmula	Primera etapa			Segunda etapa		
	Subbase	Base estabiliz. Cem.	---	Subbase	Base estabiliz. Cem.	Carpeta asf.
Mr capa	15000	580000	---	15000	580000	400000
Zr * So	-0.29	-0.29	---	-0.29	-0.29	-0.29
9.36*log10(SN+1)	5.33	3.85	---	5.68	4.19	0.49
-0.2	-0.20	-0.20	---	-0.20	-0.20	-0.20
Log10(ΔPSI/(4.2-1.5))/(0.4+1094/(SN+1)^5.19)	-0.06	-0.01	---	-0.08	-0.02	0.00
2.32*log10(MR)-8.07	0.18	1.62	---	0.18	1.62	5.30
SN	2.72	1.58	---	3.05	1.80	0.13
A-log(w18) = 0	0.00	0.00	---	0.00	0.00	0.00
CALCULO DE ESPESORES						
PARÁMETRO	Primera etapa			Segunda etapa		
	SN2	SN1	---	SN3	SN2	SN1
	Subbase	Base estabiliz. Cem.	---	Subbase	Base estabiliz. Cem.	Carpeta asf.
Coefficientes a1, a2, a3	0.11	0.21	---	0.11	0.21	0.42
Coefficiente de Drenaje (mi)	1.00	1.20	---	1.00	1.20	---
Número estructural						
SN1 = a1*D1						
SN2 = SN1 + a2*m2*D2	2.72	1.58	---	3.05	1.80	0.13
SN3 = SN2 + a3*m3*D3						
Espesor D1, D2, D3 [pulg]	10.25	6.27	---	9.46	5.48	0.30
Espesor redondeado D1', D2', D3' [pulg]	10.63	6.30	---	9.84	5.51	0.39
Espesor redondeado D1', D2', D3 [cm]	27.00	16.00	---	25.00	14.00	1.00
Espesor adoptado D1', D2', D3' [cm]	27.00	16.00	---	27.00	16.00	2.54
SN corregido	2.76	1.59	---	3.18	2.01	0.42
Comprobacion	Cumple	Cumple	---	Cumple	Cumple	Cumple

11.Anexo 4. Láminas.



SIMBOLOGIA

HORIZONTAL

- PUNTO DE INFLEXION
- CANAL NATURAL
- LIC
- CURVAS DE NIVEL

VERTICAL

- PERFIL TERRENO
- PERFIL PROYECTO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

UCUENCA

ElecAustro

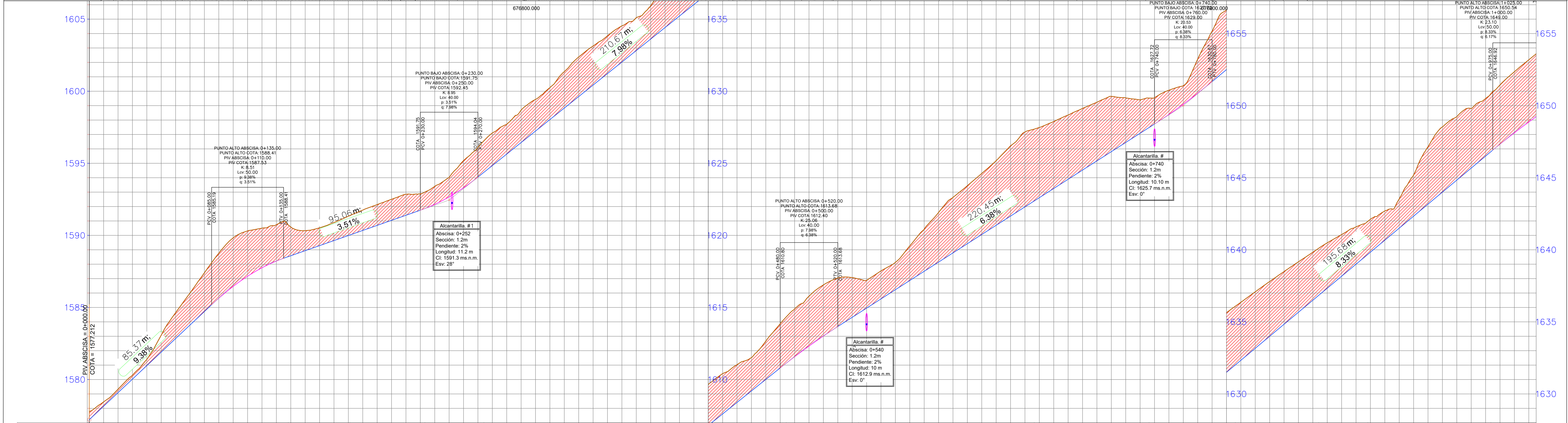
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

HOJA: 01 / 10

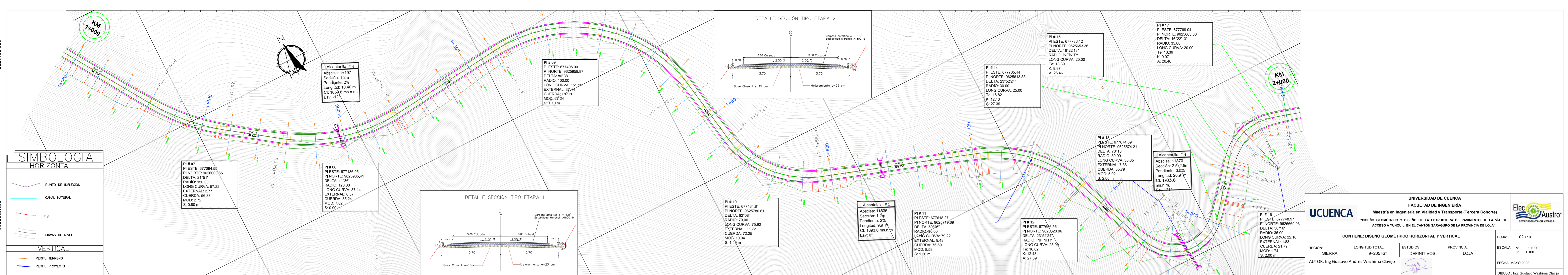
REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo

FECHA: MAYO 2022



ABSCISA	CORTE	RELLENO
0+000	0.566	
0+010	0.298	
0+020	0.240	
0+030	0.272	
0+040	0.432	
0+050	1.170	
0+060	1.792	
0+070	2.220	
0+080	2.684	
0+090	3.121	
0+100	3.394	
0+110	3.141	
0+120	2.746	
0+130	2.516	
0+140	1.996	
0+150	1.390	
0+160	1.295	
0+170	1.253	
0+180	1.507	
0+190	1.413	
0+200	1.442	
0+210	1.459	
0+220	1.455	
0+230	1.131	
0+240	1.250	
0+250	1.348	
0+260	1.882	
0+270	2.084	
0+280	2.254	
0+290	2.081	
0+300	2.249	
0+310	2.106	
0+320	2.216	
0+330	2.506	
0+340	2.746	
0+350	2.710	
0+360	2.622	
0+370	2.507	
0+380	2.275	
0+390	2.308	
0+400	2.715	
0+410	3.011	
0+420	2.832	
0+430	2.838	
0+440	2.795	
0+450	2.624	
0+460	2.313	
0+470	2.659	
0+480	3.065	
0+490	3.316	
0+500	3.460	
0+510	3.644	
0+520	3.399	
0+530	2.756	
0+540	1.930	
0+550	1.843	
0+560	1.888	
0+570	2.399	
0+580	2.921	
0+590	3.444	
0+600	3.848	
0+610	4.022	
0+620	4.224	
0+630	4.482	
0+640	4.873	
0+650	5.194	
0+660	4.897	
0+670	4.647	
0+680	4.406	
0+690	4.278	
0+700	4.063	
0+710	3.834	
0+720	3.094	
0+730	2.298	
0+740	1.625	
0+750	1.682	
0+760	1.285	
0+770	2.374	
0+780	3.406	
0+790	4.155	
0+800	4.025	
0+810	3.817	
0+820	3.795	
0+830	3.656	
0+840	3.498	
0+850	3.330	
0+860	3.147	
0+870	2.888	
0+880	2.589	
0+890	2.284	
0+900	2.025	
0+910	2.026	
0+920	2.854	
0+930	3.895	
0+940	4.825	
0+950	4.399	
0+960	4.136	
0+970	3.990	
0+980	4.109	
0+990	4.232	
1+000	4.314	



SIMBOLOGIA

HORIZONTAL

- PUNTO DE INFLEXION
- CANAL NATURAL
- EJE
- CURVAS DE NIVEL

VERTICAL

- PERFIL TERRENO
- PERFIL PROYECTO

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
 Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

UCUENCA

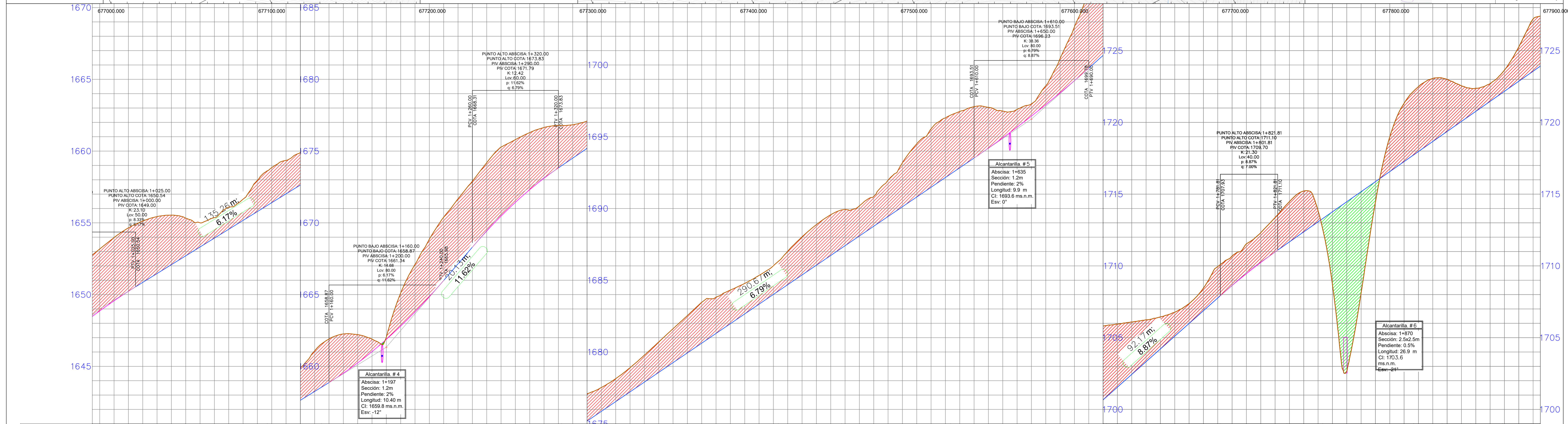
“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNGUI, EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA”

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

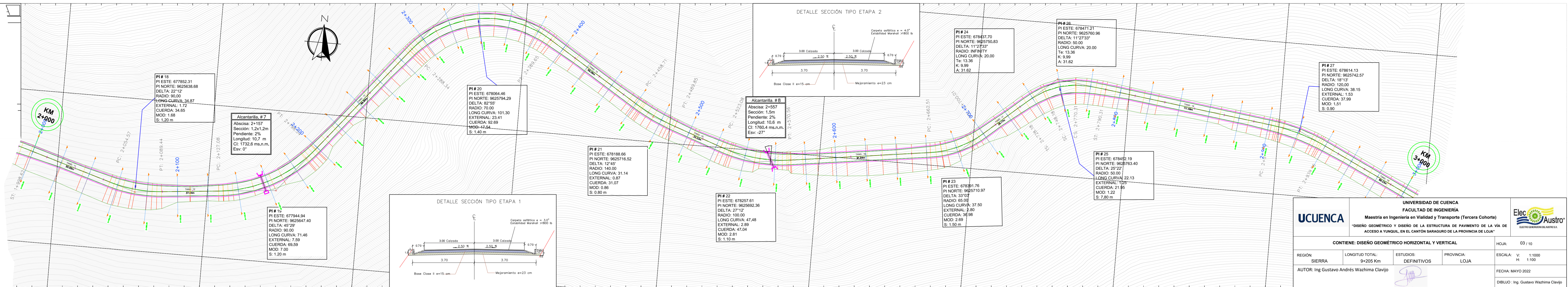
HOJA: 02 / 10

REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

AUTOR: Ing. Gustavo Andrés Washima Clavijo FECHA: MAYO 2022 DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



ABSCISA	CORTE	RELLENO	ABSCISA
1+000	4.314		1+000
1+010	4.404		1+010
1+020	4.419		1+020
1+030	4.276		1+030
1+040	3.987		1+040
1+050	3.450		1+050
1+060	2.626		1+060
1+070	1.981		1+070
1+080	1.430		1+080
1+090	1.547		1+090
1+100	1.481		1+100
1+110	2.177		1+110
1+120	2.448		1+120
1+130	2.333		1+130
1+140	2.271		1+140
1+150	2.832		1+150
1+160	3.042		1+160
1+170	2.736		1+170
1+180	1.972		1+180
1+190	0.889		1+190
1+200	0.159		1+200
1+210	2.311		1+210
1+220	3.314		1+220
1+230	4.008		1+230
1+240	4.412		1+240
1+250	4.531		1+250
1+260	4.593		1+260
1+270	4.761		1+270
1+280	4.868		1+280
1+290	4.366		1+290
1+300	3.977		1+300
1+310	3.537		1+310
1+320	2.961		1+320
1+330	2.326		1+330
1+340	1.602		1+340
1+350	1.055		1+350
1+360	1.000		1+360
1+370	1.081		1+370
1+380	1.878		1+380
1+390	2.117		1+390
1+400	2.303		1+400
1+410	2.860		1+410
1+420	2.845		1+420
1+430	2.524		1+430
1+440	2.339		1+440
1+450	2.125		1+450
1+460	2.007		1+460
1+470	1.995		1+470
1+480	2.249		1+480
1+490	2.866		1+490
1+500	2.830		1+500
1+510	2.839		1+510
1+520	2.530		1+520
1+530	2.100		1+530
1+540	2.076		1+540
1+550	2.527		1+550
1+560	3.066		1+560
1+570	3.710		1+570
1+580	4.074		1+580
1+590	4.141		1+590
1+600	3.924		1+600
1+610	3.584		1+610
1+620	2.842		1+620
1+630	1.864		1+630
1+640	1.234		1+640
1+650	0.853		1+650
1+660	1.314		1+660
1+670	2.398		1+670
1+680	3.756		1+680
1+690	5.373		1+690
1+700	5.145		1+700
1+710	4.391		1+710
1+720	3.651		1+720
1+730	2.919		1+730
1+740	2.233		1+740
1+750	1.688		1+750
1+760	1.383		1+760
1+770	1.574		1+770
1+780	2.187		1+780
1+790	2.682		1+790
1+800	2.078		1+800
1+810	2.075		1+810
1+820	2.398		1+820
1+830	2.807		1+830
1+840	2.845		1+840
1+850	0.767		1+850
1+860	1.733		1+860
1+870	1.713		1+870
1+880	1.715		1+880
1+890	1.719		1+890
1+900	2.419		1+900
1+910	4.095		1+910
1+920	4.526		1+920
1+930	4.303		1+930
1+940	3.634		1+940
1+950	2.480		1+950
1+960	1.612		1+960
1+970	1.238		1+970
1+980	1.474		1+980
1+990	2.394		1+990
2+000	3.644		2+000



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

EleoAustro
INGENIEROS EN VIALIDAD Y TRANSPORTE

UCUENCA

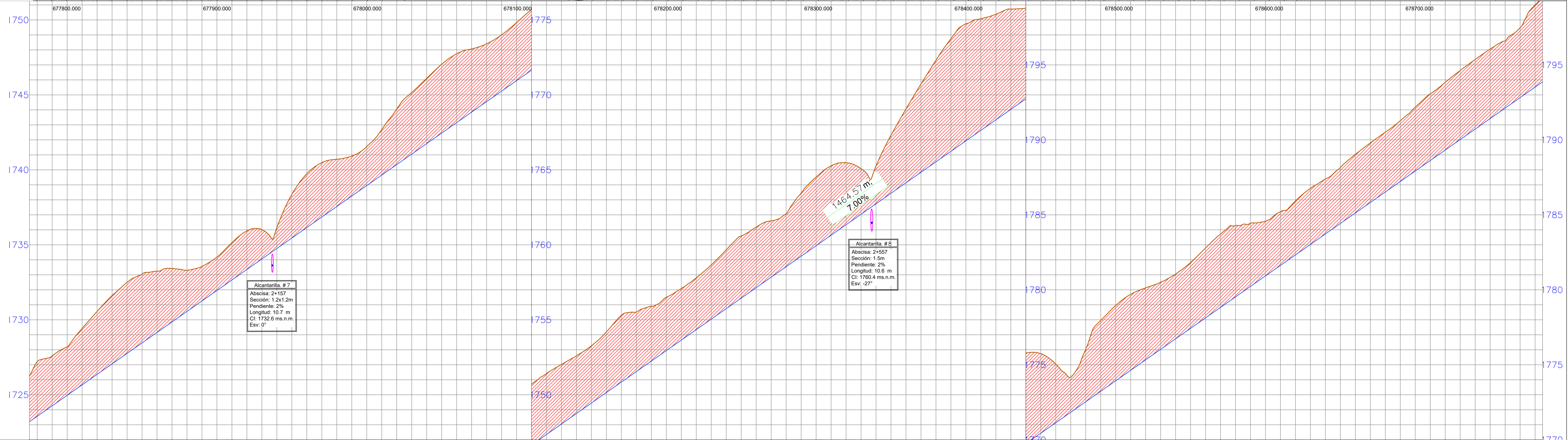
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

HOJA: 03 / 10

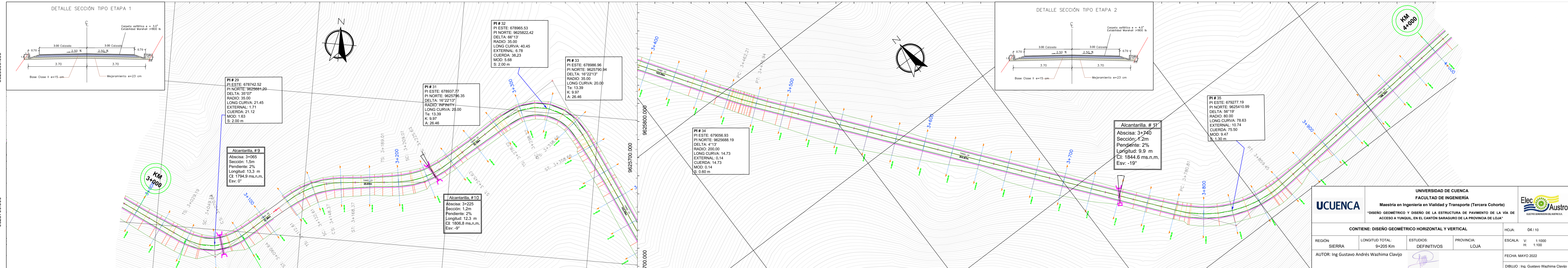
REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo FECHA: MAYO 2022

DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



ABSCISA	RELLENO	CORTE	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	DISEÑO HORIZONTAL
2+000		3.644	1723.864	1721.209	
2+010		3.330	1724.383	1721.594	
2+020		3.234	1724.883	1726.196	
2+030		3.765	1725.862	1729.427	
2+040		4.197	1726.982	1730.559	
2+050		4.584	1727.982	1731.626	
2+060		4.741	1727.761	1735.592	
2+070		4.590	1729.461	1733.051	
2+080		4.084	1729.160	1732.244	
2+090		3.665	1729.860	1732.425	
2+100		2.746	1730.559	1733.305	
2+110		2.301	1731.259	1733.559	
2+120		2.226	1731.858	1734.184	
2+130		2.492	1732.658	1735.150	
2+140		2.675	1733.357	1736.932	
2+150		1.950	1734.057	1738.007	
2+160		1.392	1734.756	1738.148	
2+170		2.910	1735.456	1738.306	
2+180		3.989	1736.156	1737.744	
2+190		3.623	1736.855	1742.480	
2+200		3.153	1737.555	1740.708	
2+210		2.863	1738.254	1740.917	
2+220		2.695	1738.954	1741.559	
2+230		3.022	1739.653	1742.676	
2+240		3.705	1740.353	1744.057	
2+250		4.101	1741.052	1745.154	
2+260		4.354	1741.752	1746.106	
2+270		4.592	1742.451	1747.044	
2+280		4.597	1743.151	1747.748	
2+290		4.215	1743.850	1748.066	
2+300		3.857	1744.550	1748.407	
2+310		3.754	1745.250	1749.003	
2+320		3.871	1745.949	1749.820	
2+330		4.053	1746.649	1750.701	
2+340		4.602	1747.348	1751.410	
2+350		3.874	1748.048	1752.021	
2+360		3.847	1748.747	1752.594	
2+370		3.816	1749.447	1752.262	
2+380		4.040	1750.146	1751.198	
2+390		4.463	1750.846	1752.309	
2+400		3.970	1751.545	1753.515	
2+410		3.654	1752.245	1755.888	
2+420		3.556	1752.944	1756.500	
2+430		3.443	1753.644	1757.087	
2+440		3.454	1754.344	1757.799	
2+450		3.620	1755.043	1758.653	
2+460		3.625	1755.743	1759.671	
2+470		4.150	1756.442	1760.592	
2+480		4.041	1757.142	1761.193	
2+490		3.764	1757.841	1761.606	
2+500		3.526	1758.541	1762.059	
2+510		4.215	1759.240	1763.456	
2+520		4.577	1759.940	1764.517	
2+530		4.624	1760.639	1765.264	
2+540		4.139	1761.339	1766.479	
2+550		3.642	1762.038	1766.081	
2+560		2.525	1762.738	1765.253	
2+570		3.876	1763.438	1765.314	
2+580		4.500	1764.137	1766.067	
2+590		5.890	1764.837	1762.726	
2+600		6.174	1765.536	1772.310	
2+610		7.510	1766.236	1773.746	
2+620		7.608	1766.935	1774.743	
2+630		7.447	1767.635	1775.081	
2+640		7.038	1768.334	1775.373	
2+650		6.090	1769.034	1775.724	
2+660		6.052	1769.733	1775.796	
2+670		5.310	1770.433	1775.742	
2+680		3.911	1771.132	1775.043	
2+690		2.341	1771.832	1774.173	
2+700		3.440	1772.532	1776.022	
2+710		4.728	1773.231	1777.957	
2+720		5.024	1773.931	1778.905	
2+730		5.068	1774.630	1778.698	
2+740		4.800	1775.330	1778.139	
2+750		4.473	1776.029	1778.503	
2+760		4.316	1776.729	1781.045	
2+770		4.392	1777.428	1781.820	
2+780		4.655	1778.128	1782.783	
2+790		4.883	1778.827	1783.720	
2+800		4.751	1779.527	1784.278	
2+810		4.217	1780.226	1784.443	
2+820		3.649	1780.926	1784.575	
2+830		3.553	1781.625	1785.208	
2+840		3.599	1782.325	1785.924	
2+850		3.747	1783.025	1786.772	
2+860		3.697	1783.724	1787.391	
2+870		3.723	1784.424	1788.147	
2+880		3.906	1785.123	1789.029	
2+890		3.973	1785.823	1789.795	
2+900		3.897	1786.522	1790.510	
2+910		4.054	1787.222	1791.276	
2+920		4.262	1787.921	1792.184	
2+930		4.448	1788.621	1793.009	
2+940		4.517	1789.320	1793.839	
2+950		4.610	1790.020	1794.630	
2+960		4.644	1790.719	1795.364	
2+970		4.637	1791.419	1796.056	
2+980		4.484	1792.119	1796.802	
2+990		4.655	1792.818	1797.473	
3+000		5.481	1793.518	1798.998	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

EleoAustro
INGENIERÍA EN VIALIDAD Y TRANSPORTE

UCUENCA

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

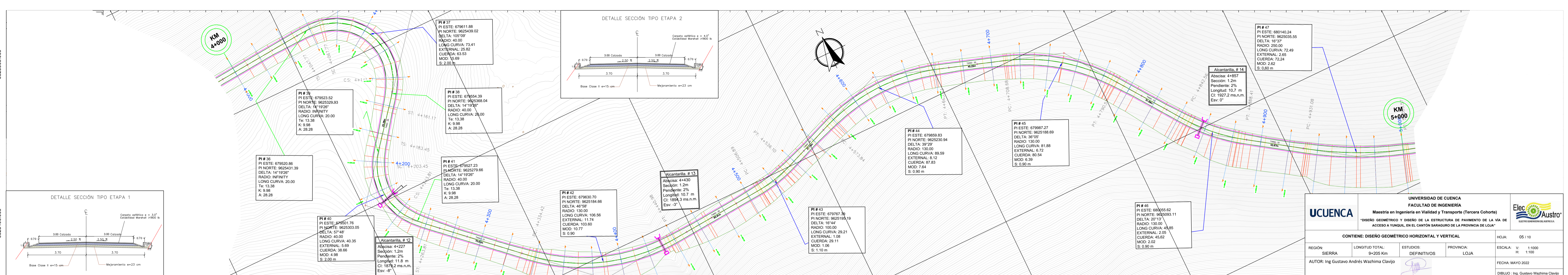
HOJA: 04 / 10

REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo FECHA: MAYO 2022 DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



ABSCISA	RELLENO	CORTE	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	DISEÑO HORIZONTAL
3+000		5.481	1795.918	1796.998	
3+010		5.784	1794.317	1800.001	
3+020		5.932	1794.917	1800.849	
3+030		5.921	1795.616	1801.537	
3+040		5.736	1796.316	1802.051	
3+050		4.885	1797.015	1802.001	
3+060		3.830	1797.715	1801.345	
3+070		3.323	1798.414	1801.737	
3+080		4.739	1799.114	1803.853	
3+090		5.395	1799.813	1802.208	
3+100		5.763	1800.513	1806.270	
3+110		6.087	1801.213	1807.299	
3+120		5.212	1801.912	1807.124	
3+130		4.369	1802.612	1806.980	
3+140		3.804	1803.311	1807.115	
3+150		3.655	1804.011	1807.666	
3+160		3.897	1804.710	1806.517	
3+170		3.843	1805.410	1802.259	
3+180		4.031	1806.109	1810.141	
3+190		4.728	1806.809	1811.535	
3+200		4.999	1807.508	1812.507	
3+210		4.713	1808.208	1812.921	
3+220		3.892	1808.907	1812.799	
3+230		3.843	1809.607	1812.250	
3+240		3.828	1810.307	1814.135	
3+250		3.844	1811.006	1815.950	
3+260		4.035	1811.706	1815.741	
3+270		4.001	1812.405	1816.406	
3+280		3.584	1813.105	1816.889	
3+290		3.152	1813.805	1816.957	
3+300		2.899	1814.510	1817.478	
3+310		3.050	1815.218	1818.268	
3+320		3.144	1815.930	1819.074	
3+330		3.227	1816.646	1819.873	
3+340		3.458	1817.366	1820.824	
3+350		3.874	1818.090	1821.864	
3+360		4.340	1818.818	1823.157	
3+370		4.752	1819.548	1824.300	
3+380		5.085	1820.279	1825.364	
3+390		5.310	1821.010	1826.330	
3+400		5.427	1821.741	1827.188	
3+410		5.425	1822.472	1827.897	
3+420		5.294	1823.203	1828.497	
3+430		5.084	1823.934	1828.998	
3+440		4.787	1824.664	1829.452	
3+450		4.570	1825.395	1829.865	
3+460		4.514	1826.126	1830.640	
3+470		4.629	1826.857	1831.486	
3+480		4.675	1827.588	1832.263	
3+490		5.564	1828.319	1833.872	
3+500		6.134	1829.050	1835.184	
3+510		6.723	1829.781	1836.504	
3+520		7.259	1830.511	1837.770	
3+530		7.845	1831.242	1838.887	
3+540		7.829	1831.973	1839.802	
3+550		7.791	1832.704	1840.495	
3+560		7.564	1833.435	1840.998	
3+570		7.199	1834.166	1841.365	
3+580		6.729	1834.897	1841.626	
3+590		6.150	1835.628	1841.777	
3+600		5.478	1836.359	1841.834	
3+610		4.819	1837.089	1841.908	
3+620		4.309	1837.820	1842.129	
3+630		4.021	1838.551	1842.572	
3+640		3.717	1839.282	1842.998	
3+650		4.803	1840.013	1844.816	
3+660		5.336	1840.744	1846.079	
3+670		5.672	1841.474	1847.146	
3+680		5.840	1842.205	1848.045	
3+690		5.799	1842.936	1848.736	
3+700		5.577	1843.667	1849.244	
3+710		5.184	1844.398	1849.592	
3+720		4.698	1845.129	1849.827	
3+730		4.151	1845.860	1850.010	
3+740		3.737	1846.591	1850.328	
3+750		3.981	1847.321	1851.302	
3+760		4.216	1848.052	1852.298	
3+770		4.379	1848.783	1853.162	
3+780		4.404	1849.514	1853.910	
3+790		4.211	1850.245	1854.456	
3+800		4.220	1850.976	1855.198	
3+810		4.866	1851.707	1856.313	
3+820		4.493	1852.437	1856.930	
3+830		4.604	1853.168	1857.863	
3+840		5.408	1853.899	1859.305	
3+850		5.497	1854.630	1860.127	
3+860		4.993	1855.361	1860.554	
3+870		4.148	1856.092	1862.240	
3+880		3.206	1856.823	1863.029	
3+890		3.225	1857.554	1862.779	
3+900		3.582	1858.284	1863.860	
3+910		4.181	1859.015	1865.177	
3+920		4.305	1859.746	1864.051	
3+930		4.438	1860.477	1864.914	
3+940		4.523	1861.208	1865.731	
3+950		4.542	1861.939	1866.481	
3+960		4.484	1862.670	1867.153	
3+970		4.370	1863.401	1867.770	
3+980		4.283	1864.131	1868.395	
3+990		4.210	1864.862	1869.072	
4+000		4.224	1865.593	1869.817	



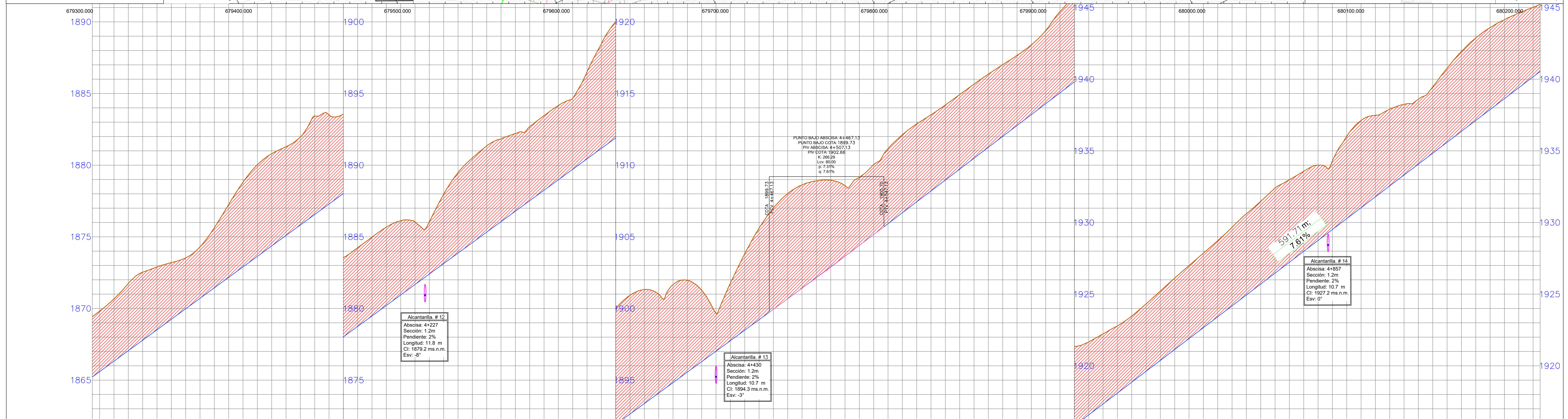
UNIVERSIDAD DE CUENCA
UCUENCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)
 "DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNGUIL EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA"

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

HOJA: 05 / 10

REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo FECHA: MAYO 2022 DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



ABSCISA	RELLENO	CORTE	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	DISEÑO HORIZONTAL
4+000		4.224	1865.935	1868.817	
4+010		4.345	1866.924	1870.669	
4+020		4.697	1867.935	1871.742	
4+030		4.744	1867.796	1872.530	
4+040		4.378	1868.517	1872.894	
4+050		3.953	1869.347	1873.200	
4+060		3.549	1869.979	1873.529	
4+070		3.598	1870.709	1873.297	
4+080		4.194	1871.440	1873.634	
4+090		5.088	1872.171	1877.290	
4+100		5.911	1872.902	1878.813	
4+110		6.394	1873.633	1880.027	
4+120		6.438	1874.364	1880.799	
4+130		6.189	1875.094	1881.294	
4+140		6.140	1875.825	1881.965	
4+150		6.880	1876.556	1883.436	
4+160		6.213	1877.287	1885.500	
4+170		5.540	1878.018	1885.559	
4+180		5.489	1878.749	1885.239	
4+190		5.649	1879.480	1884.979	
4+200		5.464	1880.211	1885.675	
4+210		5.180	1880.941	1886.121	
4+220		4.371	1881.672	1886.043	
4+230		3.655	1882.403	1886.058	
4+240		4.842	1883.134	1887.976	
4+250		5.612	1883.865	1888.477	
4+260		5.990	1884.596	1890.501	
4+270		6.020	1885.327	1891.347	
4+280		5.778	1886.057	1891.830	
4+290		5.421	1886.788	1892.210	
4+300		5.167	1887.519	1892.686	
4+310		5.205	1888.250	1893.455	
4+320		5.183	1888.981	1894.164	
4+330		4.958	1889.712	1894.670	
4+340		6.070	1890.443	1896.513	
4+350		7.298	1891.174	1898.472	
4+360		8.104	1891.904	1900.009	
4+370		8.285	1892.635	1902.920	
4+380		7.995	1893.366	1901.321	
4+390		6.887	1894.097	1902.984	
4+400		6.836	1894.828	1901.664	
4+410		6.407	1895.559	1901.966	
4+420		4.884	1896.290	1901.274	
4+430		2.668	1897.021	1896.688	
4+440		4.614	1897.751	1901.765	
4+450		5.332	1898.482	1903.815	
4+460		6.396	1899.213	1905.999	
4+470		7.084	1899.944	1907.009	
4+480		7.336	1900.675	1905.014	
4+490		7.207	1901.416	1906.622	
4+500		6.750	1902.157	1906.905	
4+510		6.049	1902.902	1906.951	
4+520		4.925	1903.651	1906.575	
4+530		4.744	1904.403	1906.147	
4+540		4.878	1905.150	1910.038	
4+550		5.234	1905.900	1911.154	
4+560		5.442	1906.651	1912.123	
4+570		5.447	1907.402	1912.889	
4+580		5.308	1908.152	1915.511	
4+590		5.237	1908.903	1912.200	
4+600		5.206	1909.654	1914.931	
4+610		5.175	1910.405	1915.660	
4+620		5.112	1911.156	1916.399	
4+630		5.011	1912.007	1917.018	
4+640		4.897	1912.758	1917.665	
4+650		4.868	1913.509	1918.396	
4+660		5.105	1914.260	1919.395	
4+670		5.672	1915.011	1920.722	
4+680		5.542	1915.762	1921.353	
4+690		5.091	1916.513	1921.664	
4+700		4.890	1917.263	1922.223	
4+710		4.682	1918.014	1922.798	
4+720		4.618	1918.765	1923.473	
4+730		4.698	1919.516	1924.312	
4+740		4.838	1920.267	1925.215	
4+750		4.979	1921.018	1926.117	
4+760		5.099	1921.769	1926.999	
4+770		5.201	1922.520	1927.860	
4+780		5.312	1923.271	1928.733	
4+790		5.462	1924.022	1929.664	
4+800		5.666	1924.773	1930.600	
4+810		5.773	1925.523	1931.476	
4+820		5.839	1926.274	1932.404	
4+830		5.762	1927.025	1932.888	
4+840		5.688	1927.776	1933.575	
4+850		5.253	1928.527	1934.000	
4+860		4.799	1929.278	1934.307	
4+870		5.748	1930.029	1935.017	
4+880		6.086	1930.780	1937.116	
4+890		5.689	1931.531	1937.479	
4+900		5.357	1932.282	1937.900	
4+910		4.931	1933.033	1938.244	
4+920		4.625	1933.784	1938.598	
4+930		4.638	1934.534	1939.470	
4+940		5.167	1935.285	1940.762	
4+950		5.673	1936.036	1941.979	
4+960		5.757	1936.787	1942.874	
4+970		5.722	1937.538	1943.600	
4+980		5.508	1938.289	1944.147	
4+990		5.222	1939.040	1944.652	
5+000		4.868	1940.011	1945.010	

SIMBOLOGIA

HORIZONTAL

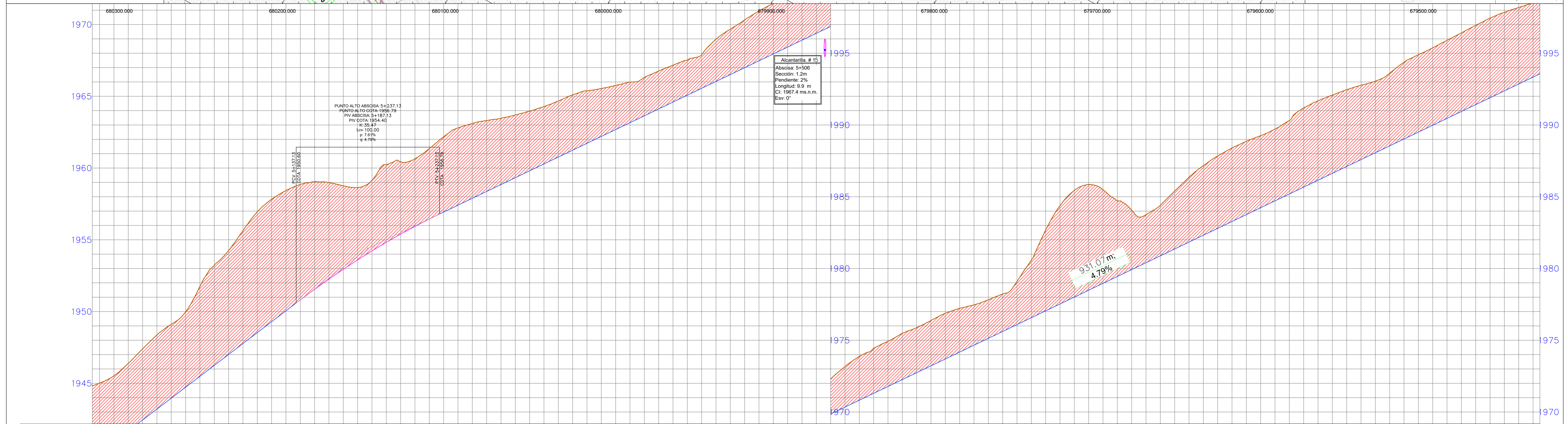
- PUNTO DE INFLEXION
- CANAL NATURAL
- EJE
- CURVAS DE NIVEL

VERTICAL

- PERFIL TERRENO
- PERFIL PROYECTO

DETALLE SECCIÓN TIPO ETAPA 1

DETALLE SECCIÓN TIPO ETAPA 2



ABSCISA	CORTE	RELLENO	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	DISEÑO HORIZONTAL
5+000	4.858		1940.161	1943.019	
5+010	4.801		1940.922	1945.523	
5+020	4.699		1941.883	1946.392	
5+030	4.654		1942.443	1947.398	
5+040	5.183		1943.204	1948.398	
5+050	5.148		1943.885	1948.113	
5+060	5.249		1944.726	1949.076	
5+070	6.269		1945.887	1951.759	
5+080	6.970		1946.548	1952.219	
5+090	7.241		1947.039	1952.250	
5+100	7.866		1947.770	1952.636	
5+110	8.425		1948.531	1953.955	
5+120	8.536		1949.392	1957.829	
5+130	8.377		1950.053	1958.429	
5+140	8.642		1950.612	1958.854	
5+150	7.491		1951.951	1959.042	
5+160	6.723		1952.282	1959.894	
5+170	5.817		1952.344	1959.781	
5+180	5.041		1952.936	1958.839	
5+190	4.819		1954.224	1959.143	
5+200	5.416		1954.822	1959.237	
5+210	5.049		1955.391	1960.441	
5+220	4.708		1955.933	1960.641	
5+230	4.900		1956.446	1961.346	
5+240	5.245		1956.932	1962.177	
5+250	5.382		1957.411	1962.793	
5+260	5.213		1957.890	1963.103	
5+270	4.940		1958.369	1963.309	
5+280	4.614		1958.848	1963.462	
5+290	4.374		1959.327	1963.792	
5+300	4.155		1959.806	1963.961	
5+310	3.966		1960.285	1964.281	
5+320	3.805		1960.764	1964.609	
5+330	3.854		1961.243	1965.098	
5+340	3.684		1961.722	1965.396	
5+350	3.340		1962.201	1965.541	
5+360	3.074		1962.680	1965.754	
5+370	2.832		1963.159	1965.990	
5+380	2.609		1963.638	1966.307	
5+390	2.639		1964.117	1966.796	
5+400	2.572		1964.596	1967.189	
5+410	2.444		1965.075	1967.519	
5+420	2.351		1965.554	1967.905	
5+430	2.844		1966.033	1968.977	
5+440	3.159		1966.512	1969.671	
5+450	3.330		1966.991	1970.320	
5+460	3.467		1967.470	1970.937	
5+470	3.515		1967.949	1971.469	
5+480	3.437		1968.428	1971.885	
5+490	3.178		1968.907	1972.085	
5+500	2.845		1969.386	1972.031	
5+510	2.432		1969.865	1972.296	
5+520	2.623		1970.344	1973.167	
5+530	3.049		1970.823	1973.872	
5+540	3.137		1971.302	1974.439	
5+550	3.145		1971.781	1974.925	
5+560	3.224		1972.260	1975.453	
5+570	3.141		1972.739	1975.890	
5+580	3.199		1973.218	1976.377	
5+590	3.183		1973.697	1976.880	
5+600	3.046		1974.176	1977.222	
5+610	2.809		1974.654	1977.463	
5+620	2.697		1975.133	1977.821	
5+630	2.605		1975.612	1978.218	
5+640	3.006		1976.091	1978.097	
5+650	4.011		1976.570	1980.951	
5+660	5.633		1977.049	1982.692	
5+670	6.844		1977.528	1984.376	
5+680	7.424		1978.007	1985.441	
5+690	7.388		1978.486	1985.854	
5+700	6.524		1978.965	1985.409	
5+710	5.281		1979.444	1984.725	
5+720	4.139		1979.923	1984.002	
5+730	3.346		1980.402	1983.748	
5+740	3.528		1980.881	1984.409	
5+750	4.035		1981.360	1985.395	
5+760	4.522		1981.839	1986.361	
5+770	4.847		1982.318	1987.165	
5+780	5.043		1982.797	1987.841	
5+790	5.124		1983.276	1988.400	
5+800	5.106		1983.755	1988.862	
5+810	5.022		1984.234	1989.256	
5+820	5.004		1984.713	1989.717	
5+830	5.120		1985.192	1990.312	
5+840	5.514		1985.671	1991.185	
5+850	5.531		1986.150	1991.681	
5+860	5.453		1986.629	1992.002	
5+870	5.352		1987.108	1992.400	
5+880	5.183		1987.587	1992.770	
5+890	4.897		1988.066	1993.053	
5+900	5.081		1988.545	1993.606	
5+910	5.345		1989.024	1994.369	
5+920	5.393		1989.503	1994.896	
5+930	5.305		1989.982	1995.377	
5+940	5.438		1990.461	1995.899	
5+950	5.476		1990.940	1996.416	
5+960	5.522		1991.419	1996.840	
5+970	5.544		1991.898	1997.442	
5+980	5.468		1992.377	1997.845	
5+990	5.327		1992.856	1998.183	
6+000	5.180		1993.335	1998.515	

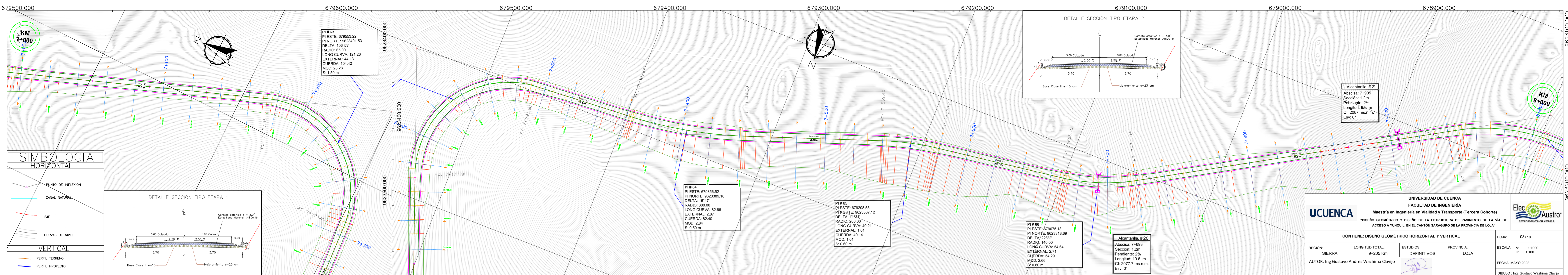
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

ElecAustro
INGENIEROS EN VIALIDAD Y TRANSPORTE

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

REGIÓN: SIERRA | LONGITUD TOTAL: 9+205 Km | ESTUDIOS: DEFINITIVOS | PROVINCIA: LOJA | HOJA: 06/10

AUTOR: Ing. Gustavo Andrés Washima Clavijo | FECHA: MAYO 2022 | DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



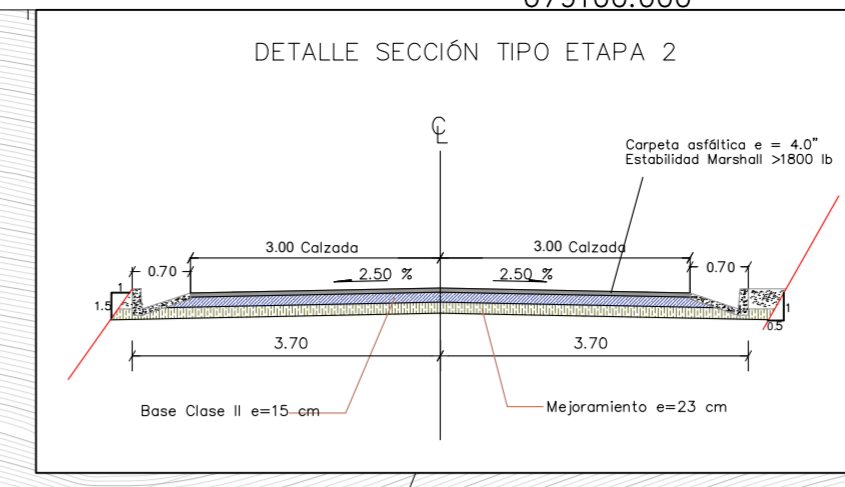
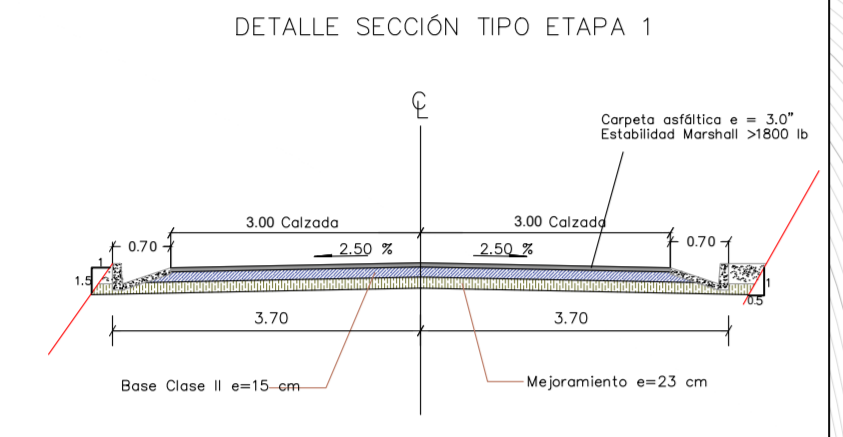
SIMBOLOGIA

HORIZONTAL

- PUNTO DE INFLIEXION
- CANAL NATURAL
- LIC
- CURVAS DE NIVEL

VERTICAL

- PERFIL TERRENO
- PERFIL PROYECTO

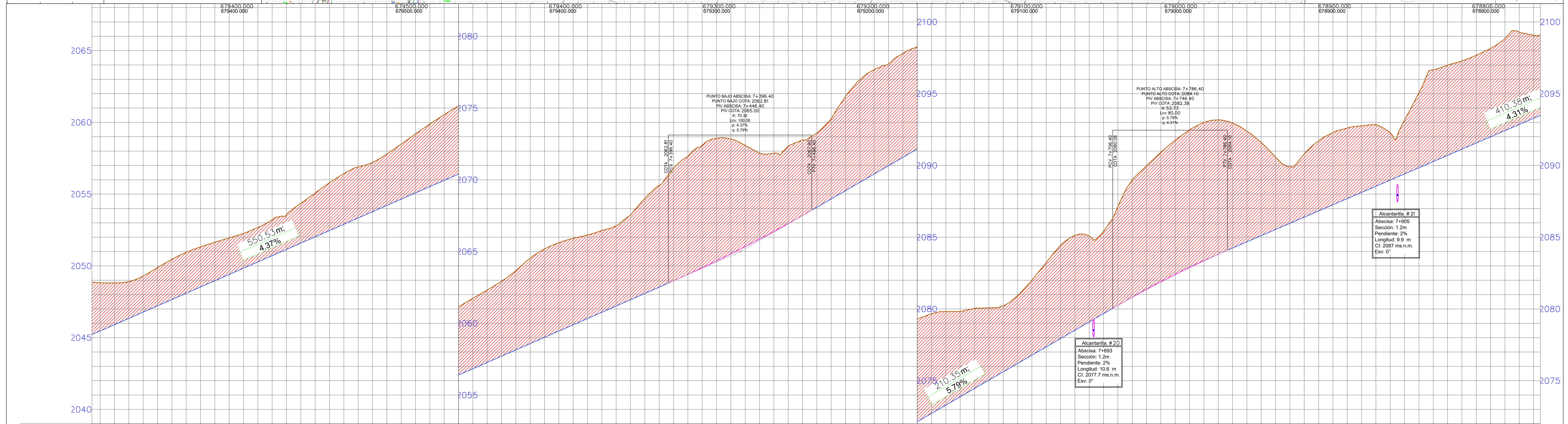


UCUENCA

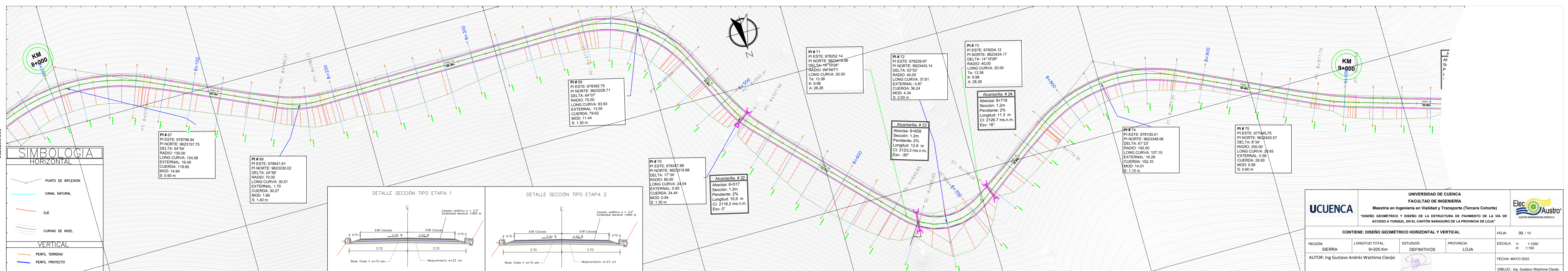
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

EleoAustro

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL		HOJA: 08/10
REGION: SIERRA	LONGITUD TOTAL: 9+205 Km	ESTUDIOS: DEFINITIVOS
AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo	PROVINCIA: LOJA	FECHA: MAYO 2022
DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo		ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100



ABSCISA	CORTE	RELLENO
7+000	3.392	2048.822
7+010	2.910	2048.906
7+020	2.568	2049.344
7+030	2.518	2049.781
7+040	2.666	2049.718
7+050	2.801	2047.055
7+060	2.854	2048.092
7+070	2.784	2048.530
7+080	2.677	2048.967
7+090	2.548	2049.004
7+100	2.422	2049.841
7+110	2.395	2050.379
7+120	2.802	2050.716
7+130	2.427	2051.153
7+140	2.776	2051.090
7+150	3.046	2052.027
7+160	3.333	2052.465
7+170	3.530	2052.902
7+180	3.552	2053.339
7+190	3.430	2053.776
7+200	3.576	2054.213
7+210	3.834	2054.651
7+220	4.110	2055.088
7+230	4.357	2055.525
7+240	4.569	2055.962
7+250	4.754	2056.399
7+260	4.892	2056.837
7+270	5.037	2057.274
7+280	5.217	2057.711
7+290	5.516	2058.148
7+300	5.847	2058.586
7+310	6.150	2059.023
7+320	6.158	2059.460
7+330	6.023	2059.897
7+340	5.826	2060.334
7+350	5.696	2060.772
7+360	5.593	2061.209
7+370	5.897	2061.646
7+380	6.616	2062.083
7+390	7.091	2062.520
7+400	7.818	2062.958
7+410	8.226	2063.407
7+420	8.534	2063.871
7+430	8.546	2064.348
7+440	8.003	2064.840
7+450	7.649	2065.346
7+460	5.893	2065.866
7+470	5.449	2066.400
7+480	5.375	2066.949
7+490	5.260	2067.511
7+500	5.168	2068.087
7+510	5.571	2068.687
7+520	6.559	2069.346
7+530	7.116	2069.926
7+540	7.270	2070.405
7+550	7.101	2070.885
7+560	7.247	2071.364
7+570	7.129	2071.843
7+580	6.939	2072.323
7+590	6.512	2072.802
7+600	5.846	2073.282
7+610	5.573	2073.761
7+620	5.006	2074.240
7+630	4.590	2074.720
7+640	4.729	2075.200
7+650	5.237	2075.680
7+660	5.874	2076.160
7+670	6.497	2076.640
7+680	6.603	2077.120
7+690	5.978	2077.600
7+700	5.725	2078.080
7+710	6.877	2078.560
7+720	8.166	2079.040
7+730	8.609	2079.520
7+740	9.025	2080.000
7+750	9.359	2080.480
7+760	9.590	2080.960
7+770	9.655	2081.440
7+780	9.360	2081.920
7+790	8.700	2082.400
7+800	7.713	2082.880
7+810	6.443	2083.360
7+820	5.034	2083.840
7+830	3.847	2084.320
7+840	4.390	2084.800
7+850	4.875	2085.280
7+860	5.024	2085.760
7+870	4.914	2086.240
7+880	4.638	2086.720
7+890	4.299	2087.200
7+900	3.290	2087.680
7+910	3.251	2088.160
7+920	5.222	2088.640
7+930	6.389	2089.120
7+940	6.279	2089.600
7+950	6.144	2090.080
7+960	6.110	2090.560
7+970	6.162	2091.040
7+980	6.412	2091.520
7+990	6.426	2092.000
8+000	5.778	2092.480



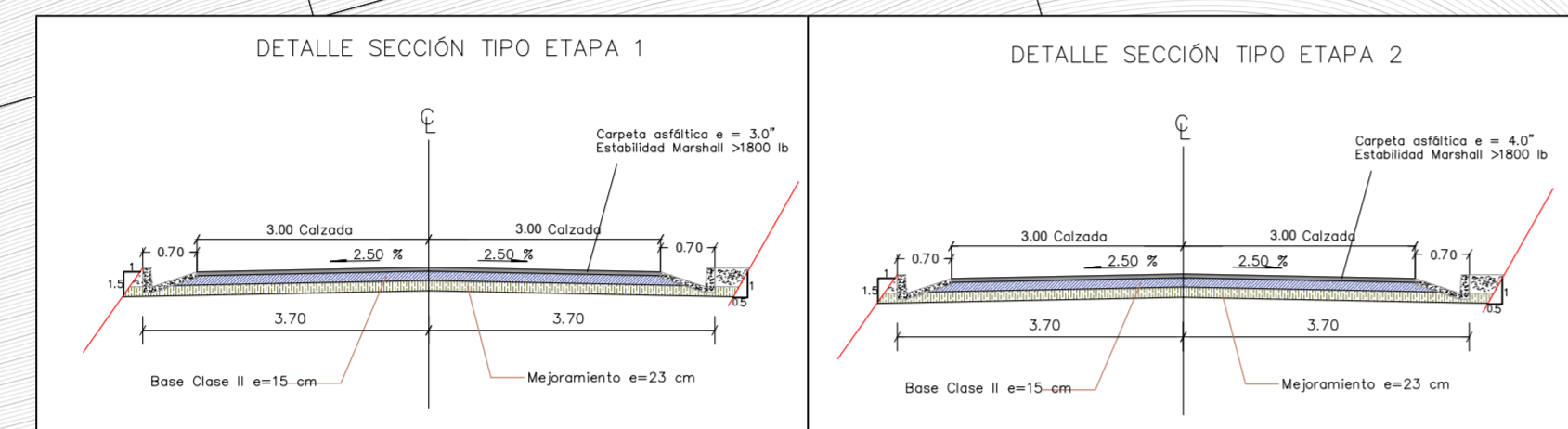
SIMBOLOGIA

HORIZONTAL

- PUNTO DE INFLEXION
- CANAL NATURAL
- EJE
- CURVAS DE NIVEL

VERTICAL

- PERFIL TERRENO
- PERFIL PROYECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

ElecoAustro

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

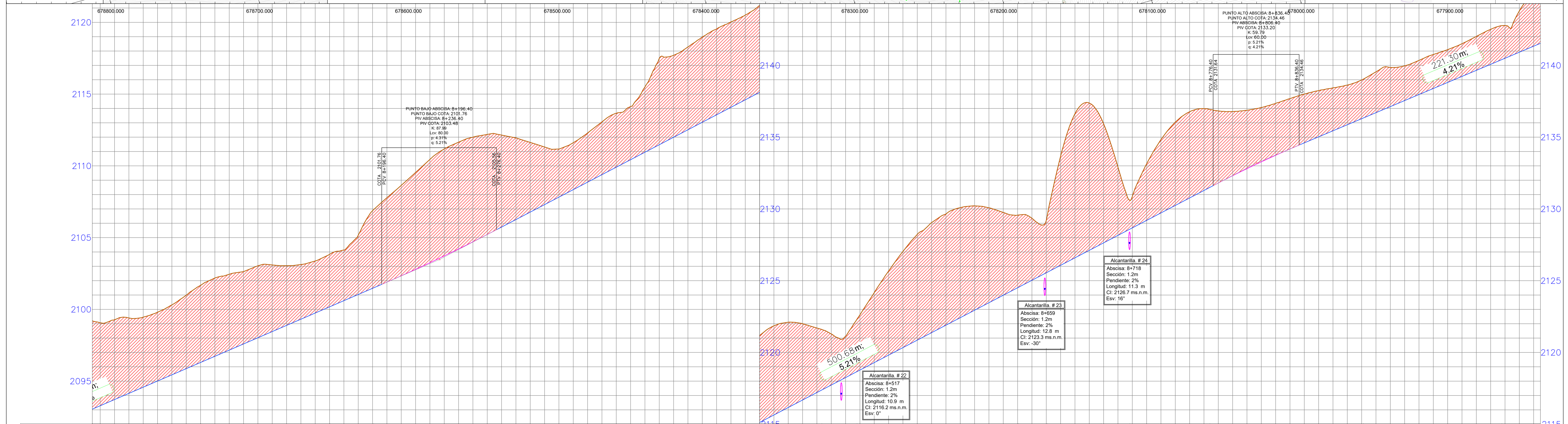
HOJA: 09 / 10

REGION: SIERRA LONGITUD TOTAL: 9+205 Km ESTUDIOS: DEFINITIVOS PROVINCIA: LOJA ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100

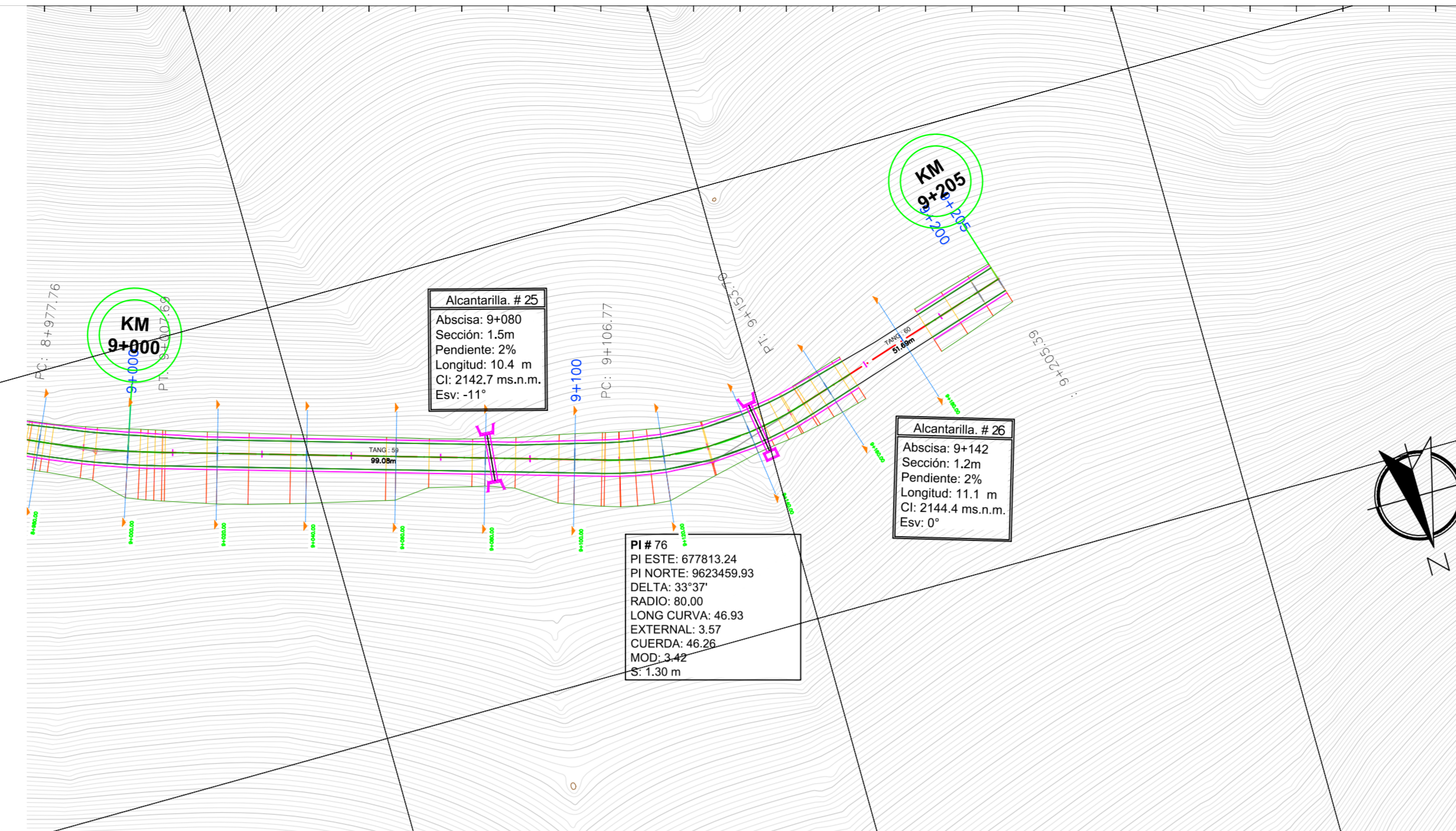
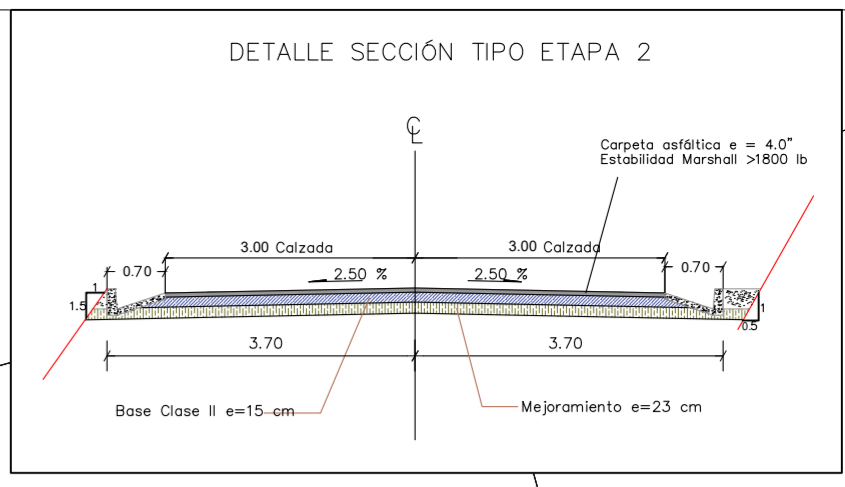
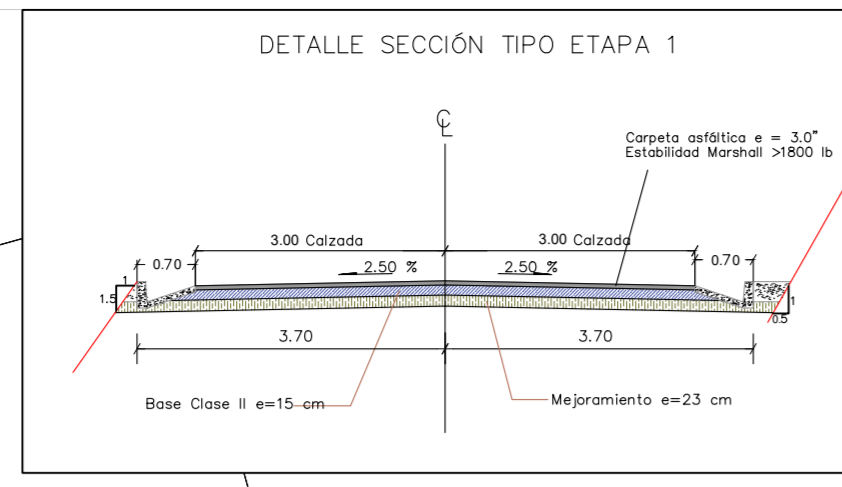
AUTOR: Ing Gustavo Andrés Washima Clavijo

FECHA: MAYO 2022

DIBUJO: Ing. Gustavo Washima Clavijo



ABSCISA	RELLENO	CORTE	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	DISEÑO HORIZONTAL
8+000		5.78	2093.87	2095.06	55
8+010		5.92	2093.17	2095.27	
8+020		5.23	2094.149	2099.401	56
8+030		4.878	2094.578	2099.457	
8+040		4.793	2095.009	2099.802	
8+050		4.875	2095.440	2100.314	
8+060		5.114	2095.870	2100.984	
8+070		5.374	2096.301	2101.674	
8+080		5.457	2096.731	2102.189	
8+090		5.285	2097.162	2102.446	
8+100		5.037	2097.592	2102.629	
8+110		5.012	2098.023	2103.035	
8+120		4.642	2098.453	2103.095	
8+130		4.161	2098.884	2103.045	
8+140		3.811	2099.314	2103.125	
8+150		3.628	2099.745	2103.371	
8+160		3.661	2100.175	2103.637	
8+170		3.529	2100.606	2104.135	
8+180		4.129	2101.036	2105.185	
8+190		5.448	2101.467	2106.875	
8+200		5.882	2101.898	2107.780	
8+210		6.330	2102.328	2108.641	
8+220		6.748	2102.759	2109.527	
8+230		7.197	2103.192	2110.448	
8+240		7.448	2103.728	2111.174	
8+250		7.438	2104.211	2111.648	
8+260		7.292	2104.708	2112.000	
8+270		6.974	2105.216	2112.190	
8+280		6.409	2105.735	2112.144	
8+290		5.699	2106.267	2111.948	
8+300		4.853	2106.778	2111.631	
8+310		4.014	2107.299	2111.314	
8+320		3.333	2107.821	2111.173	
8+330		3.271	2108.342	2111.614	
8+340		3.427	2108.864	2112.200	
8+350		3.678	2109.385	2113.062	
8+360		3.759	2109.907	2113.686	
8+370		3.705	2110.428	2114.133	
8+380		4.549	2110.949	2115.499	
8+390		6.020	2111.471	2117.491	
8+400		5.714	2111.992	2117.795	
8+410		5.775	2112.514	2118.280	
8+420		5.842	2113.035	2118.978	
8+430		5.892	2113.557	2119.538	
8+440		5.848	2114.078	2120.027	
8+450		5.895	2114.600	2120.595	
8+460		6.059	2115.121	2121.189	
8+470		6.209	2115.642	2121.852	
8+480		5.959	2116.164	2122.102	
8+490		5.319	2116.685	2122.004	
8+500		4.465	2117.207	2121.702	
8+510		3.562	2117.728	2121.290	
8+520		2.881	2118.250	2121.131	
8+530		3.849	2118.771	2122.620	
8+540		4.879	2119.293	2124.171	
8+550		5.895	2119.814	2125.670	
8+560		6.700	2120.335	2127.035	
8+570		7.396	2120.857	2128.223	
8+580		7.671	2121.378	2129.049	
8+590		7.746	2121.900	2129.645	
8+600		7.688	2122.421	2130.089	
8+610		7.270	2122.943	2130.213	
8+620		6.614	2123.464	2130.078	
8+630		5.770	2123.985	2129.795	
8+640		5.059	2124.507	2129.566	
8+650		4.317	2125.028	2129.345	
8+660		3.657	2125.550	2129.207	
8+670		7.692	2126.071	2130.673	
8+680		10.041	2126.592	2132.634	
8+690		10.265	2127.114	2133.379	
8+700		8.291	2127.636	2133.928	
8+710		4.758	2128.157	2133.915	
8+720		2.184	2128.678	2133.873	
8+730		3.939	2129.200	2133.139	
8+740		5.107	2129.721	2134.828	
8+750		5.803	2130.243	2136.046	
8+760		6.005	2130.764	2136.770	
8+770		5.701	2131.286	2136.995	
8+780		5.021	2131.808	2136.827	
8+790		4.472	2132.314	2136.785	
8+800		4.089	2132.805	2136.874	
8+810		3.793	2133.279	2137.072	
8+820		3.617	2133.756	2137.353	
8+830		3.509	2134.177	2137.689	
8+840		3.400	2134.602	2138.002	
8+850		3.218	2135.023	2138.240	
8+860		2.995	2135.444	2138.439	
8+870		2.761	2135.865	2138.629	
8+880		2.699	2136.286	2138.995	
8+890		2.845	2136.707	2139.552	
8+900		2.730	2137.128	2139.889	
8+910		2.421	2137.549	2139.970	
8+920		2.379	2137.970	2140.350	
8+930		2.368	2138.391	2140.760	
8+940		2.285	2138.813	2141.098	
8+950		2.279	2139.234	2141.512	
8+960		2.363	2139.655	2142.017	
8+970		2.438	2140.076	2142.514	
8+980		2.285	2140.497	2142.762	
8+990		2.674	2140.918	2143.762	
9+000		3.678	2141.339	2145.017	



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte (Tercera Cohorte)

UCUENCA

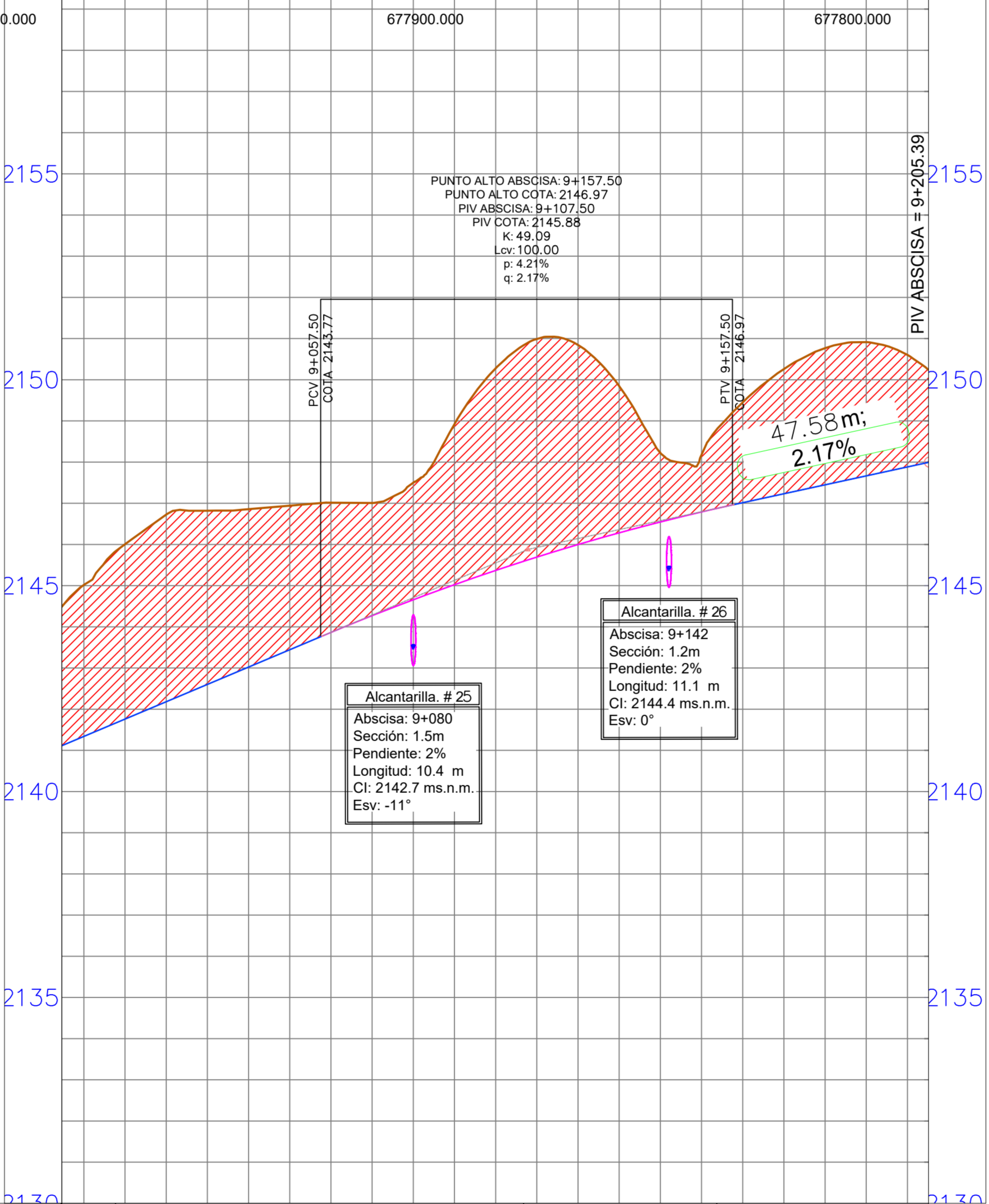
Eleo Austro

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA VÍA DE ACCESO A YUNGUIL, EN EL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA”

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

HQJA: 10 / 10

REGIÓN: SIERRA	LONGITUD TOTAL: 9+205 Km	ESTUDIOS: DEFINITIVOS	PROVINCIA: LOJA	ESCALA: V: 1:1000 H: 1:100
AUTOR: Ing. Gustavo Andrés Wazhima Clavijo				FECHA: MAYO 2022
				DIBUJO: Ing. Gustavo Wazhima Clavijo



ABSCISA	COTA TERRENO	COTA PROYECTO	CORTE	RELLENO
9+000	2141.539	2145.017	3.478	
9+010	2141.760	2146.006	4.246	
9+020	2142.181	2146.725	4.544	
9+030	2142.002	2146.820	4.817	
9+040	2143.023	2146.857	3.834	
9+050	2143.344	2146.942	3.498	
9+060	2143.886	2147.016	3.131	
9+070	2144.372	2147.008	2.736	
9+080	2144.698	2147.500	2.842	
9+090	2145.023	2148.921	3.897	
9+100	2145.389	2150.276	4.887	
9+110	2145.694	2150.968	5.265	
9+120	2145.988	2150.844	4.846	
9+130	2146.282	2149.844	3.561	
9+140	2146.546	2148.224	1.678	
9+150	2146.790	2146.177	1.587	
9+160	2147.213	2145.448	2.468	
9+170	2147.231	2145.260	3.009	
9+180	2147.448	2145.768	3.320	
9+190	2147.695	2146.913	3.249	
9+200	2147.883	2146.605	2.722	
9+205	2148.000	2146.228	2.214	