



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN
BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600,
UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO,
PROVINCIA PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Civiles

AUTORES: Julio Enrique Balcázar Vargas

Alex Javier Pachacama Molina

TUTOR: Francisco Roberto Ortiz Navas

Quito - Ecuador
2023

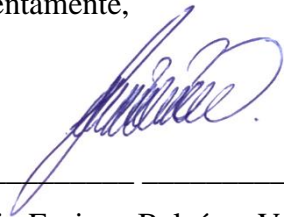
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Julio Enrique Balcázar Varas con documento de identificación N° 1726072349 y Alex Javier Pachacama Molina con documento de identificación N° 1723402317; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

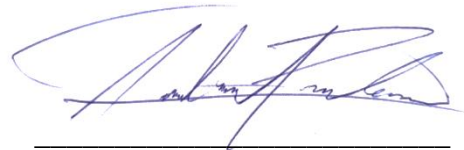
Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,



Julio Enrique Balcázar Vargas

1726072349



Alex Javier Pachacama Molina

1723402317

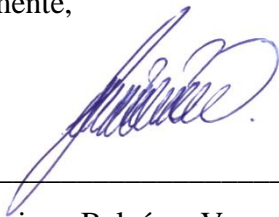
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Julio Enrique Balcázar Vargas con documento de identificación N° 1726072349 y Alex Javier Pachacama Molina con documento de identificación N° 1723402317 ; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño geométrico y estructural de la Vía Agustín Albán Borja (s42) desde la abscisa 0+020 hasta la abscisa 2+600, ubicada en la Parroquia Chillogallo, Cantón Quito, Provincia Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

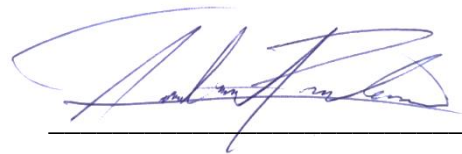
Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,



Julio Enrique Balcázar Vargas

1726072349



Alex Javier Pachacama Molina

1723402317

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Francisco Roberto Ortiz Navas con documento de identificación N° 1717631244, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA, realizado por Julio Enrique Balcázar Vargas con documento de identificación N° 1726072349 y por Alex Javier Pachacama Molina con documento de identificación N° 1723402317, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Francisco Roberto Ortiz Navas, PhD.

1717631244

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Francisca quien fue mi pilar fundamental en todo el transcurso de mi carrera, quien estuvo conmigo en todo momento, motivándome en momentos de desgaste, quien me impulso a seguir adelante y llegar en este punto tan anhelado y nunca hacer que me rinda y demostrarme que con esfuerzo se llega muy alto.

A mis hermanos Jonathan y Jajaira que con sus consejos supieron ayudarme a continuar con mis propósitos, compartiendo desveladas y demostrarme que en la vida nada es fácil, que existirán momentos difíciles, pero que hay que saberlos resolver y que mejor que con el apoyo incondicional que me supieron brindar en este camino.

A mis tíos Rigoberto y Yoder que me brindaron todo su apoyo y confianza para poder seguir adelante, aconsejándome en todo momento y estar conmigo en momentos difíciles de mi carrera, ellos quienes llegaron a ser muy importantes en esta etapa de mi vida.

A mi padre Julio que me supo brindar su apoyo y consejos para poder llegar a cumplir mis sueños, y a mi sobrina Julieth quien se convirtió en un motivo más para seguir adelante y conseguir este logro tan anhelado.

Julio Enrique Balcázar Vargas

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a la persona que me ha apoyado en lo largo de toda mi carrera estudiantil a mi madre Rosario, que sin ella no estaría en este punto tan importante de mi vida, por todas las desveladas que estuvo a mi lado, por todos los ánimos que recibí durante toda mi vida estudiantil y por ser una persona que siempre creyó que iba a llegar a cumplir esta meta.

A mi primo Luis, por ser la persona que más ha influenciado en mi vida por enseñarme que con esfuerzo, dedicación y amor se puede llegar a cumplir las metas que uno se propone, por ser mi ejemplo de vida y enseñarme a no rendirme en esta vida.

A mi tía María, por ser mi segunda madre y siempre estar apoyándome en mis decisiones por su amor incondicional que tiene hacia mí, por la confianza que deposito en mí.

También a mi padre Orlando por siempre darme su apoyo, así como mi hermana Katherine que al pasar el tiempo siempre confiaron en mí, por sus consejos sabios que me llevaron a tomar buenas decisiones.

Para finalizar quiero dedicar este logro a Tiffany, quien desde el inicio de la carrera supo apoyarme en todo este camino de buenos y malos momentos.

Alex Javier Pachacama Molina

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Ingenieros de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana quienes nos supieron guiar por el camino del conocimiento y experiencias profesionales, con las que podemos enfrentarnos en el mundo profesional.

Agradecemos al Ingeniero Francisco Ortiz Navas, quien fue nuestro tutor de proyecto de grado, quien nos compartió su conocimiento logrando culminar nuestro trabajo de manera satisfactoria.

A la Administración Zonal Quitumbe, al departamento de Unidad de Territorio y Vivienda, Ingeniera Ana Abarca y su grupo de trabajo quien nos brindaron ayuda en el desarrollo de nuestro trabajo de grado, dándonos apertura para solventar inquietudes.

Julio Enrique Balcázar Vargas

Alex Javier Pachacama Molina

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema de Estudio.....	1
1.3 Antecedentes.....	1
1.4 Importancia y alcance.....	2
1.5 Delimitación.....	2
1.6 Justificación.....	3
1.7 Grupo objetivo.....	4
1.8 Objetivo.....	4
1.8.1 Objetivo general.....	4
1.8.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estudio de tráfico.....	6
2.2 Tráfico promedio diario anual	6
2.3 Clasificación de vehículos.....	7
2.4 La carretera.....	8
2.4.1 Clasificación de las carreteras	8
2.4.2 Partes de una carretera.....	9
2.5 Tipos de terreno.....	10

2.6 Velocidad de diseño	11
2.7 Diseño del pavimento	12
2.8 Análisis del CBR... ..	13
2.9 Sistema de drenaje vial	13
CAPÍTULO III	14
METODOLOGÍA	14
3.1 Tipo de investigación.	14
3.2 Método.....	14
3.3 Técnica de recolección de información	14
3.4 Proceso técnico.....	14
3.4.1 levantamiento topográfico	14
3.4.2 Volumen de tráfico actual y futuro.....	15
3.4.3 Exploración geotécnica... ..	15
3.4.4 Sistema de drenaje.....	16
3.4.5 Diseño geométrico Horizontal.....	16
3.4.6 Diseño geométrico Vertical	17
3.4.7 Diseño de pavimento flexible.....	17
CAPÍTULO IV	19
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	19
4.1 Levantamiento Topográfico	19
4.1.1 Sistema de Coordenadas.....	19
4.1.2 Hitos.....	31
4.1.3 Tipo de relieve.....	32

CAPÍTULO V	34
ESTUDIO DE TRÁFICO.....	34
5.1 Método de conteo... ..	34
5.2 Determinación del TPDA	37
5.2.1 Trafico promedio diario horario	38
5.2.2 Tráfico promedio diario semanal.....	39
5.2.3 Tráfico promedio diario mensual	39
5.2.4 Tráfico promedia diario anual.	40
5.2.5 Tráfico de diseño.....	41
5.3 Clasificación de tipo de vía	43
5.4 Ejes equivalentes... ..	44
CAPÍTULO VI	48
DISEÑO GEOMÉTRICO	48
6.1 Velocidad de diseño	48
6.2 Velocidad de circulación	50
6.3 Diseño horizontal... ..	51
6.3.1 Curvas circulares.....	51
6.3.2 Curvas circulares simples	51
6.3.3 Curva de transición.....	53
6.3.4 Peralte de curvas.....	53
6.3.5 Distancia de visibilidad... ..	57
6.3.6 Distancia de visibilidad para parada vehicular	57
6.3.7 Distancia de visibilidad para rebasamiento vehicular	60

6.3.8 Sección vial.....	61
6.3.9 Espaldones.....	63
6.3.10 Pendiente transversal.....	64
6.4 Alineamiento vertical	67
6.4.1 Pendientes viales.....	67
6.4.2 Curvas verticales.....	68
6.4.3 Curva vertical convexa.....	68
6.4.4 Curva vertical cóncava.....	71
6.5 Corte y Relleno.....	75
CAPÍTULO VII.....	80
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	80
7.1 Estudio geotécnico.....	80
7.2 Exploración y muestreo.....	80
7.3 Estudio de la subrasante	80
7.4 Estudios de laboratorio	81
7.4.1 Tipos de ensayos.....	81
7.5 Contenido de Humedad.....	82
7.6 Granulometría.....	82
7.6.1 Límites de Atterberg.....	83
7.6.1.1 Límite líquido.....	84
7.6.1.2 Límite plástico.....	84
7.6.1.3 Límite de contracción.....	84
7.6.1.4 Índice de plasticidad.....	84

7.6.1.5 Índice de grupo.....	85
7.7 Clasificación de suelos	85
7.7.1 Método de clasificación SUCS.....	86
7.7.2 Método clasificación AASHTO	89
7.7.3 Californian Bearing Ratio (CBR).....	91
7.8 Diseño de pavimento	94
7.9 Pavimento flexible.....	94
7.9.1 Elementos de pavimento flexible	95
7.9.1.1 Mejoramiento o subrasante	95
7.9.1.2 Subbase.....	96
7.9.1.3 Base.....	96
7.9.1.4 Capa de rodadura.....	96
7.10 Método AASHTO 93	97
7.10.1 Número estructural.....	97
7.10.2 Serviciabilidad.....	98
7.10.3 Confiabilidad.....	99
7.10.4 Desviación estándar.....	100
7.10.5 Subrasante.....	101
7.10.6 Módulo Resiliente subrasante.....	101
7.10.6.1 Módulo resiliente y coeficiente estructural capa de mejoramiento	102
7.10.7 Módulo resiliente y coeficiente estructural subbase.....	103
7.10.8 Módulo resiliente y coeficiente estructural base	104
7.10.9 Módulo resiliente y coeficiente estructural capa asfáltica.....	105

7.11 Coeficiente de drenaje	106
7.12 Números estructurales por capas.	107
7.12.1 Subrasante.....	108
7.12.2 Subbase.....	108
7.12.3 Base.....	109
7.12.4 Carpeta asfáltica.....	109
7.13 Cálculo de espesores de capas	110
7.14 Verificación programa WESLEA.....	115
CAPÍTULO VIII	118
DRENAJE VIAL	118
8.1 Drenaje Longitudinal.....	118
8.2 Drenaje Transversal.....	118
8.3 Estudio hidrológico	119
8.4 Estaciones meteorológicas.....	119
8.5 Diseño de obras de drenaje.....	120
8.5.1 Periodo de retorno.....	120
8.5.2 Tiempo de concentración.	120
8.5.3 Intensidad máxima de precipitación.....	120
8.5.4 Coeficiente de escorrentía	122
8.5.5 Caudal de diseño.....	123
8.5.6 Diseño cunetas.....	124
8.5.6.1 Selección geométrica de cuneta.....	125
8.5.7 Coeficiente de rugosidad	127

8.6 Alcantarillas.....	133
8.6.1 Aspectos generales.....	134
8.6.1.1 Ubicación.....	134
8.6.1.2 Pendiente.....	134
8.6.1.3 Longitud.....	134
8.6.1.4 Velocidad de la corriente.....	134
8.6.1.5 Velocidad en la alcantarilla.....	135
8.6.2 Dimensiones mínimas.....	135
8.6.3 Relleno.....	135
8.6.4 Diseño de drenaje transversal.....	136
8.6.5 Áreas de aportaciones alcantarilla.....	138
CONCLUSIONES.....	141
RECOMENDACIONES.....	143
GLOSARIO.....	144
REFERENCIAS.....	145
ANEXOS.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de vehículos según su categoría.</i>	7
Tabla 2 <i>Clasificación de las carreteras</i>	8
Tabla 3 <i>Velocidades de diseño.</i>	11
Tabla 4 <i>Coordenadas de levantamiento topográfico.</i>	20
Tabla 5 <i>Puntos de control GPS.</i>	32
Tabla 6 <i>Cuadro de conteo vehicular.</i>	37
Tabla 7 <i>Factores mensuales F_m.</i>	41
Tabla 8 <i>Porcentaje de crecimiento vehicular Pichincha.</i>	42
Tabla 9 <i>TPDA de diseño.</i>	42
Tabla 10 <i>Clasificación de tipo de vía.</i>	44
Tabla 11 <i>Factores equivalentes de carga.</i>	44
Tabla 12 <i>Factores de daño.</i>	45
Tabla 13 <i>Factor carril de diseño.</i>	46
Tabla 14 <i>Carga de diseño.</i>	47
Tabla 15 <i>Velocidad de diseño.</i>	49
Tabla 16 <i>Velocidad de circulación Km/h.</i>	50
Tabla 17 <i>Valores de diseño MOP.</i>	55
Tabla 18 <i>Valores de diseño geométrico.</i>	57
Tabla 19 <i>Distancia de visibilidad mínima.</i>	59
Tabla 20 <i>Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento.</i>	61
Tabla 21 <i>Especificaciones mínimas de vías rurales.</i>	62
Tabla 22 <i>Gradientes para espaldones.</i>	63
Tabla 23 <i>Elementos sección escogida.</i>	64
Tabla 24 <i>Resumen curvas circulares.</i>	65
Tabla 25 <i>Pendientes longitudinales.</i>	68
Tabla 26 <i>Curvas convexas.</i>	70
Tabla 27 <i>Valores k para curvas convexas.</i>	71
Tabla 28 <i>Curvas cóncavas.</i>	72
Tabla 29 <i>Resumen curvas verticales.</i>	74
Tabla 30 <i>Resumen corte y relleno.</i>	76
Tabla 31 <i>Ensayos de Mecánica de suelos.</i>	82
Tabla 32 <i>Medida tamices ASTM D422.</i>	83
Tabla 33 <i>Simbología clasificación SUCS.</i>	86
Tabla 34 <i>Simbología SUCS.</i>	86
Tabla 35 <i>Simbología clasificación AASHTO.</i>	89
Tabla 36 <i>Clasificación método AASHTO.</i>	90
Tabla 37 <i>Clasificación de suelos CBR.</i>	91
Tabla 38 <i>Resumen de estudios de suelos.</i>	92
Tabla 39 <i>Resumen percentil 85.</i>	93
Tabla 40 <i>Clasificación funcional.</i>	94
Tabla 41 <i>Periodos de diseño.</i>	98
Tabla 42 <i>Factor Z_r.</i>	99
Tabla 43 <i>Factor S_o.</i>	100
Tabla 44 <i>Resumen de datos para diseño estructural.</i>	100
Tabla 45 <i>Granulometría capa subbase.</i>	104

Tabla 46	<i>Coefficiente de drenaje.</i>	106
Tabla 47	<i>Espesores capas pavimento flexible.</i>	114
Tabla 48	<i>Datos estación pluviográfica Izobamba.</i>	120
Tabla 49	<i>Ecuaciones de intensidad de precipitación.</i>	121
Tabla 50	<i>Intensidades de precipitaciones.</i>	122
Tabla 51	<i>Coefficiente de escorrentía C.</i>	123
Tabla 52	<i>Velocidades de flujo.</i>	125
Tabla 53	<i>Capacidad hidráulica sección rectangular.</i>	126
Tabla 54	<i>Coefficiente de rugosidad.</i>	127
Tabla 55	<i>Resumen Diseño de cunetas.</i>	130
Tabla 56	<i>Velocidades máximas alcantarillas.</i>	135
Tabla 57	<i>Propiedades geométricas sección circular.</i>	137
Tabla 58	<i>Resumen Diseño de alcantarillas.</i>	139
Tabla 59	<i>Resumen diámetros alcantarillas.</i>	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la vía Agustín Albán Borja</i>	3
Figura 2 <i>Elementos de una sección transversal de una vía.</i>	10
Figura 3 <i>Levantamiento topográfico</i>	33
Figura 4 <i>Superficie terreno</i>	33
Figura 5 <i>Punto de conteo 1.</i>	34
Figura 6 <i>Punto de conteo 2.</i>	35
Figura 7 <i>Clasificación vehicular MTOP.</i>	36
Figura 8 <i>Elementos de una curva circular simple.</i>	52
Figura 9 <i>Perfil transversal.</i>	75
Figura 10 <i>Límites de Atterberg.</i>	84
Figura 11 <i>Carta de Casagrande.</i>	88
Figura 12 <i>Cargas sobre el pavimento.</i>	95
Figura 13 <i>Estructura de pavimento flexible.</i>	97
Figura 14 <i>Ábaco Material de mejoramiento.</i>	102
Figura 15 <i>Ábaco subbase.</i>	103
Figura 16 <i>Ábaco capa base.</i>	104
Figura 17 <i>Coefficiente concreto asfáltico.</i>	105
Figura 18 <i>Número estructural Subrasante.</i>	108
Figura 19 <i>Número estructural Subbase.</i>	108
Figura 20 <i>Número estructural Base.</i>	109
Figura 21 <i>Número estructural Carpeta asfáltica.</i>	109
Figura 22 <i>Estructura pavimento flexible.</i>	110
Figura 23 <i>Información estructural 1.</i>	115
Figura 24 <i>Información estructural 2.</i>	116
Figura 25 <i>Comprobación del pavimento flexible.</i>	116
Figura 26 <i>Mapa de Estaciones pluviográficas en el Ecuador.</i>	119
Figura 27 <i>Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.</i>	121
Figura 28 <i>Sección transversal típica.</i>	125
Figura 29 <i>Cuneta sección triangular.</i>	126
Figura 30 <i>Cuenca aportación alcantarilla 1</i>	138
Figura 31 <i>Partes alcantarilla.</i>	133
Figura 32 <i>Alcantarilla sección circular.</i>	136

RESUMEN

El presente proyecto consiste en realizar el diseño geométrico y estructural de la vía Agustín Albán Borja que cuenta con una longitud de 2.58 Km, uniendo los Barrios Buenaventura y Jardines del Occidente la cual beneficiará a los moradores de los barrios colindantes El Rancho, Mirador Sur Occidente #2, Jardines del Occidente segunda etapa y Asociación Artesanal de Ladrilleros del sur de Quito, pertenecientes a la Parroquia de Chillogallo, cantón Quito, provincia de Pichincha, incrementando la productividad agrícola del sector, mejorando la movilidad a todos los moradores de manera segura y acortando tiempos de traslado.

Se realizó el levantamiento topográfico georreferenciado planimétrico y altimétrico para conocer el tipo de relieve existente mediante la acumulación y procesamiento de puntos tomados in situ con la ayuda de equipos topográficos, seguidamente el estudio de tráfico vehicular, mediante un conteo manual obteniendo información de la cantidad de vehículos que transitan en la vía y lograr proyectarla hacia 10 y 20 años. Teniendo en cuenta la información obtenida se logró realizar el diseño geométrico horizontal y vertical tomando de referencia la norma del Ministerio de Obras Públicas (MOP 2003).

Con el estudio de suelos se determina un valor de CBR el cual influirá en el diseño estructural del pavimento, con este valor se diseñó los espesores de la subbase, base y capa de rodadura. Posteriormente con la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, nos permite obtener datos de intensidades máximas y caudales, para la realización de diseño de drenaje longitudinal y transversal en la carretera otorgando seguridad a los usuarios previniendo problemas de acumulación de capas de agua que originen hidropneumático y alargando la vida útil del pavimento flexible.

ABSTRACT

The present project consists of carrying out the geometric and structural design of the Agustín Albán Borja road, which has a length of 2.58 km, uniting the Buenaventura and Jardines del Occidente neighborhoods, which will benefit the residents of the neighboring neighborhoods El Rancho, Mirador Sur Occidente #2, Jardines del Occidente second stage and Craft Association of Brick Makers from the south of Quito, belonging to the Chillogallo Parish, Quito canton, Pichincha province, increasing agricultural productivity in the sector, improving mobility for all residents safely and shortening transfer times.

The georeferenced planimetric and altimetric topographic survey was carried out to know the type of existing relief through the accumulation and processing of points taken in situ with the help of topographic equipment, then the study of vehicular traffic, through a manual count obtaining information on the number of vehicles traveling on the road and projecting it towards 10 and 20 years. Taking into account the information obtained, it was possible to carry out the horizontal and vertical geometric design taking as reference the standard of the Ministry of Public Works (MOP 2003).

With the study of soils, a CBR value is determined which will influence the structural design of the pavement, with this value the thicknesses of the subbase, base and tread layer were designed. Subsequently, with the information of the National Institute of Meteorology and Hydrology INAMHI, it allows us to obtain data of maximum intensities and flows, for the realization of longitudinal and transversal drainage design on the road providing safety to users preventing problems of accumulation of water layers that cause hydroplaning and extending the useful life of the flexible pavement.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

El diseño de la vía Agustín Albán Borja que tiene una longitud de 2.58 Km conectando los barrios Buenaventura y Jardines del Occidente pertenecientes a la parroquia de Chillogallo, cantón Quito, provincia de Pichincha, constará de tres diseños fundamentales que aseguren su funcionalidad y duración, el diseño geométrico, el diseño estructural del pavimento flexible y el diseño de estructuras de drenaje longitudinal y transversal.

Los tres diseños serán contemplados en base a las normativas vigentes, de tal forma satisfaga las necesidades primordiales como la reducción de tráfico en vías aledañas sobre todo en horas pico, brindando seguridad y confianza a los usuarios generando un crecimiento económico-social.

1.2 Problema de Estudio

1.3 Antecedentes

Diariamente los moradores de los barrios El Rancho, Mirador Sur Occidente #2, Jardines del Occidente segunda etapa y Asociación Artesanal de Ladrilleros del sur de Quito colindantes a la vía Agustín Albán Borja pertenecientes a la parroquia de Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha se enfrentan con la necesidad de lograr movilizarse de forma rápida, segura y eficaz. La cual no la pueden realizar por problemas presentes de la vía, de tal manera no brinda confianza a los usuarios. A medida que pasa el tiempo los moradores observaron la afectación de la vía en estudio, según los usuarios esta vía se encuentra en estas condiciones por más de 30 años ocasionando incomodidades a los usuarios por la presencia de deslizamientos de tierra del talud y baches en la calzada. En épocas de invierno debido a la intensa precipitación esta vía es intransitable por presencia de lodo y charcos de agua debido a que la capa de rodadura es de tierra.

1.4 Importancia y alcance

En la actualidad la vía Agustín Albán Borja se encuentra en estado crítico debido a la ausencia de un correcto diseño vial, por el motivo de comportamientos climáticos desastrosos como es la intensa precipitación existente en el lugar por su ubicación geográfica. El proyecto técnico de mejoramiento vial presentado es de suma importancia por lo que generara un alto desarrollo económico en el ámbito social y comercial, ya que mejorará el flujo vehicular reduciendo el tiempo de movilización para los barrios colindantes a la vía situados entre Buenaventura y Jardines del Occidente, siendo éste una vía que daría acceso a la Nueva Occidental la cual se encuentra proyectada por el Municipio de Quito.

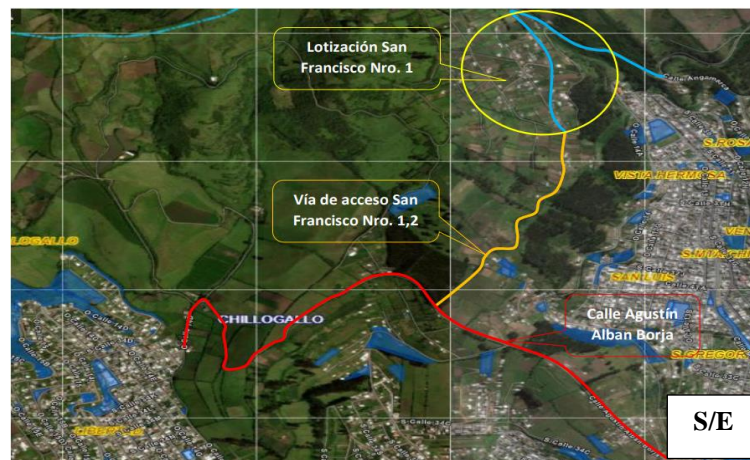
El Proyecto técnico enfocado en el diseño de la vía Agustín Albán Borja que une los barrios Buenaventura y Jardines del Occidente con una longitud de 2.58 Km, se realizará mediante normas y especificaciones técnicas vigentes en el país presentada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB 2003), Especificaciones generales para la construcción de Caminos y Puentes del MOP-001-F-2002, puesto a que la vía se encuentra dentro de la jurisdicción del Municipio de Quito se tomará en cuenta normas Municipales. Así mismo se aplicará la normativa internacional American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93) y Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003.

1.5 Delimitación

El presente proyecto vial une a los barrios Buenaventura y Jardines del Occidente perteneciente a la parroquia Chillogallo, cantón Quito indicado en la Figura 1, cuenta con una longitud de 2.58 Km, delimitando al Norte con el Barrio Virgen de El Quinche, lotización San Francisco de Chillogallo, al Sur con Asentamiento humanos de hechos consolidados de interés social denominados El Rancho, la Alegría, al Este con el comité promejoras Jardines del Occidente de Chillogallo y al Oeste con Cooperativa de vivienda Buenaventura.

Figura 1

Ubicación de la vía Agustín Albán Borja



Nota: La línea roja indica la longitud del proyecto y la línea amarilla es una vía de acceso.

Fuente: Administración Zonal Quitumbe, Unidad de Territorio y Vivienda (2022).

De acuerdo al sistema de coordenadas UTM WGS84 se determina que se encuentra en la zona 17M con coordenadas al este de 769160.11 y al norte de 9969331.03.

1.6 Justificación

El proyecto surge por la necesidad social y comercial de los moradores que diariamente se encuentran con la dificultad de movilizarse de una forma rápida y segura, ocasionando que los usuarios estén prestos a sufrir algún tipo de incidente ya que debido al mal estado de la vía producirá atrasos.

La elaboración del diseño vial beneficia de forma directa a los moradores del sector para suplir sus necesidades de circulación; además, permitirá el incremento económico en el ámbito comercial; de la misma manera reducirá el tráfico vehicular en las vías aledañas acortando el tiempo de movilidad.

Este proyecto presentado es viable porque se cuenta con planos e información adicional necesaria por parte de la Administración Zonal Quitumbe, así mismo tenemos al alcance normas nacionales por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) vigentes en el país,

también se cuenta con la norma internacional para el diseño estructural como es la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93).

Al ser una vía importante se podrá tener en cuenta a futuro la solicitud de una línea de transporte urbano, beneficiando al sector educativo y social, debido a que se incrementaría la población y en un plan futuro se podría abrir el paso al sector industrial, ya que la vía en diseño se encontrará aledaña a la Nueva Occidental planificada por el Municipio de Quito. Si esta propuesta aplicara el Municipio tendrá una duración de 20 años.

1.7 Grupo objetivo

La ejecución del proyecto presentado sería de gran apoyo para todos los moradores de los barrios El Rancho, Mirador Sur Occidente #2, Jardines del Occidente segunda etapa y Asociación Artesanal de Ladrilleros del sur de Quito colindantes a la vía Agustín Albán Borja permitiéndoles una movilidad segura. Además, incrementaría el desarrollo económico aquellos que cuentan con algún tipo de comercio reduciendo el tiempo de transporte de sus productos. Esta vía sería de gran ayuda para las vías colindantes reduciendo el tráfico vehicular sobre todo en horas pico.

1.8 Objetivo

1.8.1 Objetivo general

Realizar los diseños geométricos y de estructura del pavimento de la vía Agustín Albán Borja, de la abscisa 0+020 hasta la abscisa 2+600, aplicando la normativa vigente del Ministerio de Transporte y Obras Públicas a fin de mejorar la capacidad y funcionalidad de la vía existente.

1.8.2 Objetivos específicos

Realizar el levantamiento georreferenciado de una faja topográfica, utilizando la estación total y GPS de precisión, con el fin de realizar el diseño vertical.

Estimar el tráfico futuro a 20 años de proyección mediante conteo vehicular de viajes realizados actualmente entre los barrios Buenaventura y Jardines del Occidente, a fin de obtener el tránsito futuro de circulación.

Realizar una exploración geotécnica mediante calicatas a fin de obtener muestras inalteradas del suelo para determinar las propiedades mecánicas existentes en la subrasante.

Diseñar geométricamente la vía cumpliendo la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y condiciones necesarias dentro de la ciudad de Quito con el propósito de lograr una correcta funcionalidad.

Efectuar el diseño de la estructura del pavimento flexible mediante los requisitos de la norma AASHTO 93, para el correcto comportamiento ante la presencia de circulación vehicular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Es importante tomar en cuenta todos los factores que intervienen en un diseño vial para que este sea factible evitando elevados costos de construcción. Hoy en día todos los ciudadanos deben contar con vías en buenas condiciones de tal forma les brinde seguridad y tranquilidad en su recorrido, así mismo reducir el tiempo de movilidad de un lugar a otro.

2.1 Estudio de tráfico

El crecimiento poblacional ha ido incrementando conforme pasa el tiempo en conjunto con el parque automotor, es por ello que hoy en día debido a la existencia de vehículos de procedencia extranjera y accesibles. La movilidad en la ciudad ha incrementado y las vías existentes cuentan con tráfico, sobre todo en horas pico, por lo que para un diseño vial se toma en cuenta el tráfico futuro, tomando como referencia los datos de tráfico en la actualidad.

El número futuro de vehículos influyen en gran parte en el diseño. Proyectar el tráfico es necesario para clasificar el tipo de carretera para conocer parámetros geométricos de diseño (MTOPE, 2003, pág. 16). Por este motivo es que, para asegurar un correcto diseño se debe partir de un análisis vehicular para conocer la cantidad de vehículos que lleguen a circular, de tal manera conocer el tipo de carretera que cumpla con los requisitos del TPDA.

2.2 Tráfico promedio diario anual











El tráfico promedio diario anual (TPDA), nos ayuda a determinar el volumen del tránsito promedio que circula por una vía dividido por los 365 días. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013, pág. 52). Con este dato aseguramos el diseño de un pavimento para un determinado periodo de servicio.

2.3 Clasificación de vehículos

La clasificación vehicular según el tipo por su número de ejes influye bastante debido a que en la actualidad existen grandes cantidades de vehículos en circulación. Es por lo que se debe categorizar según el tipo, ya sea liviano o pesado, por lo que para esta clasificación vehicular nos guiaremos en la tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de vehículos según su categoría.

Categoría de vehículos	Tipos de vehículos	Gráficos
Livianos	Automóvil	
	Camioneta	
	4x4	
	Van	
Buses	Buses de 2 ejes	
	Buses de 3 ejes	
Camiones pequeños	2 ejes pequeños	
	2 ejes grandes	
Camiones grandes	3 ejes	
	Más de 3 ejes	

Nota. Se visualiza el tipo de vehículo según el número de ejes. Fuente: (Jair, 2019).

2.4 La carretera

Una carretera es una estructura incorporada en una faja topográfica con el objetivo de permitir la circulación vehicular, haciendo que sea factible económicamente y que durante el periodo de servicio no presente fallos inesperados que interrumpan la movilidad de los usuarios.

2.4.1 Clasificación de las carreteras

Para la clasificación de una carretera se puede basar en el tráfico promedio diario anual que es proyectado para un periodo de 20 años asegurando la vida útil de servicio. (Flores, 2020). De tal manera para lograr un buen diseño es necesario contar con el dato del TPDA, como nos indica la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de las carreteras

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁFICO PROYECTADO Y FUNCIÓN JERÁRQUICA		
Clase de carretera	Tráfico proyectado TPDA	Función jerárquica
R-I o R-II	Más de 8000	Corredor arterial
I	De 3000 a 8000	Corredor arterial, Colectora
II	De 1000 a 3000	Corredor arterial, Colectora
III	De 300 a 1000	Colectora
IV	De 100 a 300	Colectora, Vecinal
V	Menos de 100	Vecinal

El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado de 15 a 20 años.

Nota. Se indica el tipo de carretera en función del TPDA. Fuente: (MTO, 2003)

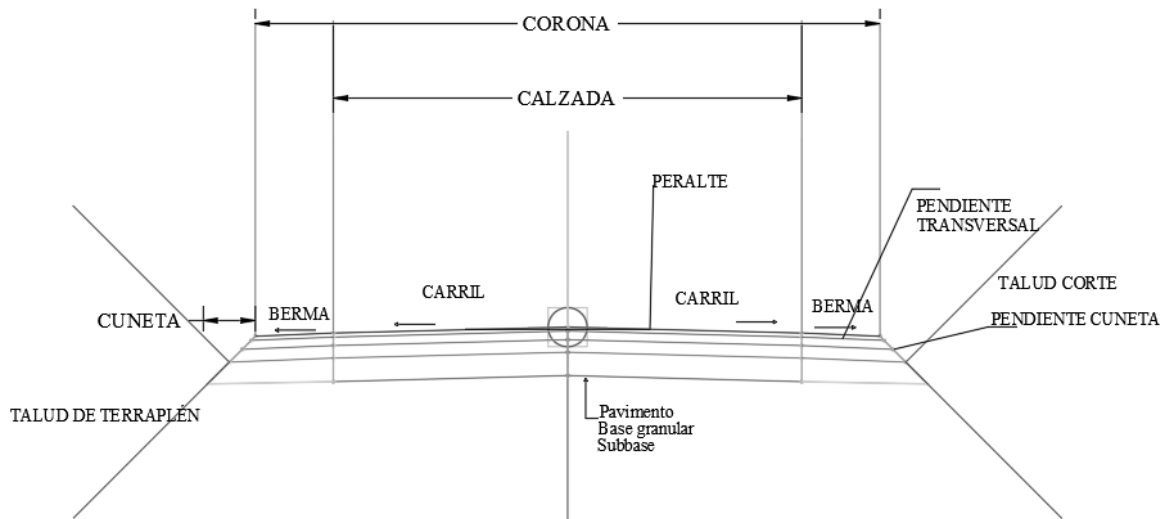
2.4.2 *Partes de una carretera*

A medida de nuevos estudios se pudo llegar a que la conformación de una vía está conformada por varios elementos como son la plataforma, la calzada, las aceras, cuentas, separador central, entre otros (Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín, 2017). Estas partes son esenciales para la creación de una vía y que tenga un funcionamiento ideal para una eficaz circulación. Las cuales están reflejadas en la Figura 2.

- a) **Plataforma:** Es la parte de la carretera que se encarga principalmente de la circulación de vehículos y a elementos auxiliares viales, está conformada por: calzada, carril, berma y andenes.
- b) **Calzada:** Es aquella que ayuda a una rápida circulación vehicular, el número de calzadas que se puede tener depende del tipo de carretera que se esté trabajando.
- c) **Acera:** Su objetivo principal es tener un espacio amplio para que puedan transitar los peatones, para la creación de acera se debe tener en cuenta el ámbito social en el cual se la va a construir y tener en cuenta que debe servir para personas con discapacidad.
- d) **Carril:** Es una subdivisión que se forma en la calzada se la puede delimitar por una marca vial de tránsito que tiene una anchura que logre la circulación de un automóvil.
- e) **Ciclo ruta:** Se encuentra en la calzada, puede ser de uno o doble sentido para la movilización de bicicletas.
- f) **Arcén:** Sirve para la circulación temporal de peatones y al estacionamiento ocasionales de transporte liviano o pesado como a vehículos que tengan alguna emergencia.
- g) **Cuneta:** Se la ubica al terminar la calzada sirve para la recolección y drenaje de agua lluvia.

Figura 2

Elementos de una sección transversal de una vía.



Nota. Se refleja las partes fundamentales que debe contener una sección de vía. Fuente: (Vicente, 2021).

2.5 Tipos de terreno

Al momento del diseño geométrico de una vía se debe tomar en cuenta nuestras características topográficas estas se pueden dividir en terrenos: llano, ondulado y montañoso.

- a) **Llano:** Hablamos de un terreno llano cuando las pendientes son igual a 0 o tienen un valor menor al 2%.
- b) **Ondulado:** Se lo denomina una topografía ondulada cuando la pendiente del terreno es fácil de identificar, pero tampoco sin excederse, con las pendientes longitudinales que se pueden dar al trazado. (T.A.M.S. ; ASTEC, 2003), su pendiente va de 2 al 8%.
- c) **Montañoso:** Es cuando nuestra topografía se encuentra con un porcentaje mayor al 50% en pendientes y tiene una característica que es escarpada. (T.A.M.S. ; ASTEC, 2003), Es decir que cuenta con un relieve poco accesible.

2.6 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es aquella velocidad permitida para los conductores que transiten por alguna vía en un tramo determinado asegurando un buen comportamiento de los vehículos.

La velocidad de diseño puede variar de un tramo a otro de la vía dependiendo de las condiciones topográficas, estos cambios se deben realizar gradualmente para que el conductor tenga tiempo de cambiar su velocidad. La diferencia entre el cambio de velocidades no debe ser mayor a 20 Km/h. (Jair, 2019).

Es decir que tiene relación directa con el tipo de terreno donde se implante la vía asegurando que el usuario evite cambios bruscos de velocidades que implique distracciones, especificando el tipo de terreno, condición recomendable es usado para vías nuevas o absoluta para vías existentes como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Velocidades de diseño.

	CLASE I 3000 - 8000TPDA						CLASE II 1000- 3000TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
<i>Tipo Terreno</i>												
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50
	CLASE III 300- 1000 TPDA						CLASE IV 100- 300TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
<i>Tipo Terreno</i>												
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25

**CLASE V
MENOS DE 100TPDA
RECOMENDABLE ABSOLUTA**

<i>Tipo Terreno</i>	LL	O	M	LL	O	M
<i>Velocidad de diseño (K.P.H)</i>	60	50	40	50	35	25

Nota. Se indica la velocidad de diseño en función del TPDA y del tipo de terreno. Referencia: (MTOPI, 2003)

2.7 Diseño del pavimento

Es una estructura vial que se compone de varias capas y subcapas. Este tipo de pavimentos está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase, en ocasiones puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra (Castaño Martínez, Herrera Betín, Gómez Sáenz, & Reyes Lizcano, 2009). Las capas que componen un pavimento flexible tienen normalmente valores entre: 4 a 10cm para carpeta bituminosas, 20 a 25cm para base y 20 a 30cm para subbase.

La función de la base y subbase es recibir y resistir las cargas del tránsito presentadas en la superficie.

La capa que constituye la superficie de rodamiento también ayuda a impedir la filtración del agua superficial, si se da sea el caso que se logre introducir el agua su función es permitir que el líquido descienda hasta la subrasante para desalojar al exterior por el efecto de bombeo. (Bustamante, 2009). De esta manera se logra un diseño adecuado contemplado en seguridad y comodidad para los usuarios evitando la existencia de fallas.

Las características principales que debe tener un pavimento flexible para un buen alto rendimiento son: tener una resistencia alta estructural, se pueda deformar, tener un diseño con un tiempo de durabilidad, el costo y comodidad sean equilibrados.

2.8 Análisis del CBR

El comportamiento que tiene el suelo ante una carga es determinado con el ensayo conocido como CBR.

Este método usa las características de carga - deformación de la subrasante, subbase y base y en forma empírica los relaciona con los espesores totales del pavimento, capa de rodadura, base y capas subyacentes. El CBR es la relación existente entre una carga que produce una deformación de 0.1 pulg (2.5 mm) en el material en cuestión y la carga que produce esa misma deformación en una muestra patrón que es un material granular de excelente calidad que se asume como 100%. (Cordo, 2006, pág. 3).

Dicho valor sería importante para la toma de decisiones si el suelo es apto para el diseño o toca realizar algún mejoramiento.

2.9 Sistema de drenaje vial

Drenaje vial es poder dar una salida fácil al agua que se puede dar por la zona, recurso hídrico o por la precipitación en el medio ambiente, esto se da sin afectar a la naturaleza y taludes existentes. La importancia dada es alta debido a que si no se cuenta con un drenaje óptimo podría presentarse acumulación de agua en la calzada ocasionado daños funcionales o en el peor de los casos provocando daños estructurales menorando el tiempo de vida útil. Las cunetas son canales que se hacen a los lados de la vía y su función interceptar el agua que escurre de la plataforma y del talud del corte, llevándola a una obra de drenaje transversal (Fernando Olivera, 2017, pág. 14). Con la ayuda de las cunetas lograremos conducir el agua a sitios seguros de desfogue o alcantarillas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación.

En el presente proyecto se aplicará una investigación exploratoria debido a que dará una mejor comprensión al problema de estudio a efectuarse. “Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes” (Calvis, 2006, pág. 13). Por lo que se empezará con una idea general y se aplicará esta investigación como un medio siguiendo un procedimiento que sea factible.

3.2 Método

En el presente proyecto se utilizará un método Analítico, ya que el procedimiento a seguir tiene un fin de estudiar el problema que al pasar el tiempo se logre solucionar. “Este proceso cognoscitivo consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual” (Bernal, 2010, pág. 60). Debido a que este método permite realizar análisis particulares, puesto que al problema presentado resulta factible la aplicación de este método.

3.3 Técnica de recolección de información

Para este trabajo la información se recopilará a través del levantamiento topográfico, estudio de suelos y el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Estos resultados son indispensables para la realización del diseño vial.

3.4 Proceso técnico

3.4.1 *levantamiento topográfico*

Para el desarrollo de esta propuesta, se empieza por el levantamiento topográfico, que se realizará por medio de la estación total y prismas de precisión. Se tomarán puntos claves de la vía estudiada. Para mayor eficacia también se utilizará la opción de levantamiento con láser

que viene programada en la estación total que se utilizará. Con la ayuda de los puntos GPS se podrá georreferenciar la estación total para tener un diseño planimétrico y altimétrico. El tiempo empleado para la realización del levantamiento topográficos es de 10 días laborables tomando en cuenta que el terreno tiene diferentes pendientes.

3.4.2 *Volumen de tráfico actual y futuro*

Para el volumen de tráfico se realizará conteos manuales durante una semana de vehículos que circulan por la vía en estudio, las cuales serán en jornadas completas de 12h. “Es posible indicar que como mínimo debiera hacerse dos conteos de 24 horas en cada temporada, uno en miércoles, alejado de la influencia de los feriados y otro en día Domingo” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013, p. 85). Los puntos para realizar este conteo son estratégicos y claves para lograr un volumen de tráfico más detallado, categorizando los diferentes tipos de vehículos que lleguen a circular, siendo estos: Motos, Automotores livianos, Buses y Automotores Pesados.

3.4.3 *Exploración geotécnica*

Para el análisis se realizará un estudio de calicatas, que nos ayudará a observar las propiedades del suelo, en total se obtendrán dos calicatas que serán extraídas en campo abierto con una profundidad de 1 metro. Para la extracción se debe utilizar herramienta menor y tener en cuenta que el traslado se realizará con precaución para no afectar la muestra. En el laboratorio se procede a realizar ensayos de: Límite líquido (LL), Límite plástico (LP), Granulometría de la muestra, Contenido de humedad y CBR. Se logrará realizar una clasificación de suelos por el método AASHTO que “Describe un procedimiento para clasificación de suelos minerales y orgánico-minerales en siete grupos, basado en la determinación en el laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice plástico. Puede ser utilizado cuando se requiere una clasificación precisa de ingeniería, especialmente para propósito de

construcción de carreteras” (Henry Gómez, 2020, pág. 77). Es decir que no se puede empezar ninguna infraestructura vial sin tener conocimiento del tipo de terreno y sus propiedades.

3.4.4 Sistema de drenaje

Para el diseño de drenaje se comenzará con la identificación y delimitación de las cuencas hidrográficas que crucen por la vía, obteniendo las características principales de cada cuenca (área, pendiente, forma, relieve, cobertura vegetal) y también de su cauce principal. Una vez recolectados estos datos se deberá calcular el Caudal que circularía por los puntos de control, mediante ecuaciones empíricas, para esto se utilizará el Método Racional. Previamente se contará con el valor de la intensidad de precipitación la cual dependerá del tiempo de retorno y tiempo de concentración, para ello nos guiaremos en las normas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Con el valor del caudal se procederá al diseño de estructuras de drenaje longitudinales y transversales siendo estas cunetas o alcantarillas, las cuales cumplirán con una función primordial, que es retirar el agua que circula por la calzada, cada una de ella dependerá de la ubicación y capacidad de caudal, para esto nos vamos a guiar en especificaciones de tal forma que las longitudes de recolección no sean muy extensas, ni sobredimensionar las estructuras.

3.4.5 Diseño geométrico Horizontal.

El diseño horizontal es una proyección del eje vial conformado por diferentes tangentes que se enlazan mediante curvas, es para ello que se debe contar con la topografía para conocer las características del relieve e hidrológicas. Para garantizar el diseño nos basaremos en normas y especificaciones dictadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

El trazado del alineamiento es la parte inicial del diseño que se conforma de tangentes en toda su longitud, los puntos de intersección de dos tangentes consecutivas se denomina PI, y la prolongación de esta tangente forma el ángulo de deflexión. La longitud máxima de tangente está sujeta a condiciones según normativa.

El diseño de curvas horizontales se tomará en cuenta como valor primordial el Radio de curvatura mínima, logrando detallar la aplicación de curvas circulares o de un solo radio, curvas compuestas de dos o tres radios, de tal forma garantizar un diseño sustentable brindando seguridad y confort a los usuarios, siguiendo de manera correcta las normativas.

Se debe tomar en cuenta las pendientes de bombeo, cuya función es eliminar el agua que pueda estar presente en la calzada, la cual provoca el fenómeno denominado hidropneumático y puede ocasionar dificultades o un accidente.

3.4.6 *Diseño geométrico Vertical*

El diseño presenta la necesidad de crear una vista de perfil del terreno en forma longitudinal; al igual que el trazado horizontal, nos debemos guiar en la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. En el software Civil 3D se diseñará tomando en cuenta la velocidad de diseño, curvas horizontales y la distancia de visibilidad, para tener un diseño que cumpla las normativas. Al momento de diseñar en el software debemos tomar en cuenta los gradientes varían entre el 15% como máximo y 0.5% el mínimo para trabajar con nuestras curvas verticales cóncavas y convexas según sea el caso.

La implantación de curvas verticales debe ser diseñadas en base a disposiciones de visibilidad. “La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros” (Vicente, 2021). Los criterios de diseño de curvas deberán ser verificados para que garanticen seguridad en los usuarios.

3.4.7 *Diseño de pavimento flexible*

En el cálculo y diseño del pavimento flexible se realizará el análisis del comportamiento debido al factor tránsito, pues se puede llegar a incrementar por el motivo de un crecimiento

demográfico, esto lleva que el pavimento soporte mayor carga por los diferentes tipos de vehículos y cantidad de ejes que pueden llegar a circular.

Para el pavimento flexible se tendrá una base de datos obtenidos mediante el cálculo de TPDA, tasa de crecimiento vehicular. Se realizará un estudio de suelos para obtener un perfil estratigráfico el cual nos ayudará en la clasificación del tipo de suelo, se obtendrá el módulo resiliente con el fin de representar las características de la subrasante en el diseño. Para el cálculo se debe conocer coeficientes de serviciabilidad, confiabilidad y estructural a partir del módulo elástico y estructurales de drenaje. Se necesita el número estructural (SN) que se lo podrá calcular con el programa AASHTO 93 utilizando los coeficientes de carga y el periodo en años, con todos los datos se logra obtener: material de mejoramiento, subbase granular, base y carpeta asfálticas.

CAPÍTULO IV

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

4.1 Levantamiento Topográfico

El reconocimiento del terreno es parte fundamental de todo proyecto vial debido a que la topografía influye de manera directa para conseguir un correcto diseño. El propósito de un levantamiento topográfico es conocer la ubicación relativa de un conjunto de puntos en un plano horizontal (Machines, 2019). Es por que con la ayuda de herramientas específicas se logró la obtención de datos planimétricos y altimétricos que posteriormente serán procesador en el diseño geométrico. Este trabajo es netamente de campo para lo cual se utilizó un GPS para la colocación de puntos georreferenciados y posteriormente la estación total de precisión Sokia, siendo lo más detalloso posible de tal forma conseguir volúmenes de corte y relleno precisos. Se tomó como referencia una faja topográfica de aproximadamente 20m de ancho para satisfacer las exigencias del proyecto.

4.1.1 *Sistema de Coordenadas*

El sistema de coordenadas con las que se realizó el levantamiento topográfico es UTM WGS 84, obteniendo puntos georreferenciados para la extracción de datos en el programa Civil 3D, las cuales fueron convertidas a coordenadas TMQ (Transversa de Mercator Quito), siendo una proyección cartográfica valido únicamente para el Distrito Metropolitano de Quito puesto a que el proyecto se lo realiza de manera conjunta con la Administración Zonal Quitumbe. En la Tabla 4 se detalla la lista de puntos tomados en el levantamiento topográfico georreferenciado.

Tabla 4*Coordenadas de levantamiento topográfico.*

ID Punto	Norte	Este	Elevación	Descripción
1	9969249.8	769356.31	3204.142	GPS
2	9969249.4	769357.83	3204.342	TL
3	9969243.3	769360.04	3201.69	TL
4	9969236.5	769362.3	3203.488	LI
5	9969242.1	769361.69	3203.226	VIA
6	9969246	769358.69	3201.565	VIA
7	9969247.1	769357.49	3203.741	LI
8	9969254	769353.87	3203.51	LI
9	9969252.1	769343.35	3201.644	TL
10	9969236.4	769343.66	3201.663	TL
11	9969235.7	769343.69	3201.711	LI
12	9969224.2	769333.92	3199.105	LI
13	9969227.6	769332.71	3198.717	TL
14	9969238.7	769325.2	3198.103	TL
15	9969238.8	769327.19	3198.446	LI
16	9969246.1	769324.87	3197.341	LI
17	9969247.5	769318.2	3196.652	TL
18	9969229.5	769319.17	3195.732	TL
19	9969227.6	769319.63	3196.937	LI
20	9969218.6	769311.69	3193.868	LI
21	9969219.9	769309.57	3193.497	TL
22	9969236.1	769311.19	3193.671	TL
23	9969239.4	769312.24	3195.323	LI
24	9969242.1	769312.54	3195	TL
25	9969241.6	769310.73	3194.696	TL
26	9969247.2	769310.43	3194.464	TL
27	9969251.6	769310.46	3194.329	TL
28	9969253.9	769311.44	3194.525	LI
29	9969253.4	769316.91	3196.045	LI
30	9969260.2	769326.03	3198.014	LI
31	9969261.6	769321.57	3197.086	TL
32	9969237.7	769307.56	3192.753	TL
33	9969231.7	769306.55	3193.082	LI
34	9969224.2	769297.03	3191.239	LI
35	9969234.9	769304.19	3192.882	TL
36	9969242.3	769303.74	3191.669	TL
37	9969247.9	769303.14	3190.678	TL
38	9969256.4	769304.44	3189.449	TL
39	9969252.5	769311.69	3194.535	TL
40	9969264.4	769312.81	3194.025	LI

41	9969263.4	769325.37	3198.097	LI
42	9969263.3	769326.24	3198.414	LI
43	9969263.7	769332.08	3199.216	LI
44	9969279.7	769342.15	3202.242	LI
45	9969278.2	769329.85	3198.55	LI
46	9969282.7	769315.95	3191.589	TL
47	9969284	769321.74	3194.408	LI
48	9969284.7	769326.93	3196.973	LI
49	9969284.4	769332.63	3198.935	LI
50	9969282.7	769337.22	3201.239	LI
51	9969295.9	769336.93	3200.359	LI
52	9969296.5	769332.48	3197.698	LI
53	9969299	769324.67	3193.718	LI
54	9969299.8	769317.38	3189.144	VIA
55	9969249.5	769302.97	3191.094	VIA
56	9969242.5	769304.53	3192.032	VIA
57	9969242	769305.1	3192.105	VIA
58	9969233.4	769305.98	3192.991	VIA
59	9969235.6	769308.33	3193.288	VIA
60	9969236.9	769313.12	3193.455	VIA
61	9969233.6	769314.5	3193.921	VIA
62	9969229.6	769314.39	3194.075	VIA
63	9969232.1	769319.78	3194.75	VIA
64	9969235.4	769320.95	3194.782	VIA
65	9969234.3	769328.92	3195.983	VIA
66	9969233.6	769330.37	3196.277	VIA
67	9969240.6	769344.4	3199.025	VIA
68	9969242	769346.89	3199.59	VIA
69	9969244.1	769355.24	3201.206	VIA
70	9969244	769361.27	3201.686	VIA
71	9969243.8	769364.27	3202.249	VIA
72	9969247.7	769364.04	3202.214	VIA
73	9969251	769368.75	3203.263	VIA
74	9969249.7	769371.74	3203.636	VIA
75	9969255.3	769375.09	3203.804	VIA
76	9969259.1	769374.11	3204.261	VIA
77	9969268.3	769380.27	3205.033	VIA
78	9969272.1	769383.3	3205.681	VIA
79	9969284.1	769388.64	3206.997	VIA
80	9969287.6	769388.03	3207.22	VIA
81	9969302.7	769394.38	3209.335	VIA
82	9969305.2	769398.74	3209.84	VIA
83	9969309.3	769400.31	3210.09	VIA
84	9969315.5	769403.8	3211.057	VIA
85	9969314	769405.61	3210.662	VIA

86	9969318.4	769408.63	3211.085	VIA
87	9969322.5	769413.21	3211.151	VIA
88	9969332.8	769430.53	3211.057	VIA
89	9969334.1	769427.98	3211.044	VIA
90	9969314.8	769413.34	3211.971	VIA
91	9969314.8	769412.98	3211.787	VIA
92	9969317.9	769401.15	3212.416	LT
93	9969323.9	769394.67	3212.299	LI
94	9969328.4	769387.14	3212.639	LI
95	9969312	769376.88	3209.984	LI
96	9969306.4	769383.51	3210.055	LT
97	9969299.1	769388.63	3209.474	TL
98	9969288.6	769384.38	3208.56	LI
99	9969289.2	769382.71	3207.982	LI
100	9969292.5	769370.89	3207.998	LI
101	9969279.3	769363.45	3206.293	LI
102	9969275.4	769368.72	3206.122	LI
103	9969271.8	769376.26	3206.342	TL
104	9969272.2	769375.63	3206.337	TL
105	9969258.7	769370.48	3205.531	LI
106	9969259.7	769368.35	3205.16	LI
107	9969265	769357.93	3204.714	LI
108	9969265.8	769352.74	3204.087	LI
109	9969263.4	769349.94	3203.514	LI
110	9969258.2	769354.26	3204.065	LI
111	9969252.8	769358.22	3204.479	TL
112	9969260.8	769348.78	3203.158	LI
113	9969328.5	769346.87	3200.399	LI
114	9969328.6	769346.87	3200.396	LI
115	9969337.4	769352.18	3203.09	LI
116	9969347.1	769354.06	3204.051	LI
117	9969366.6	769352.22	3203.44	LI
118	9969373.4	769336.09	3194.759	LI
119	9969350.4	769333.47	3193.801	LI
120	9969327.3	769329.3	3192.811	LI
121	9969247.8	769301.44	3191.906	GPS2
122	9969314	769411.76	3212.298	GPS 1
123	9969327.7	769416.03	3212.805	TL
124	9969333.3	769411.36	3214.14	TL
125	9969344.9	769417.45	3215.334	TL
126	9969355	769426.88	3216.09	TL
127	9969345.4	769431.46	3214.282	TL
128	9969335.3	769424.39	3213.887	TL
129	9969360.5	769439.69	3215.05	TL
130	9969354.8	769436.5	3214.631	TL

131	9969371.3	769445.17	3216.549	TL
132	9969383.2	769451.87	3218.909	TL
133	9969384.4	769452.42	3219.103	TL
134	9969389.2	769443.45	3221.579	LI
135	9969376	769435.56	3219.146	LI
136	9969347.2	769432.84	3212.726	VIA
137	9969347.8	769436.7	3212.905	VIA
138	9969359.7	769444.42	3214.162	VIA
139	9969361.9	769440.63	3214.43	VIA
140	9969373.5	769451.47	3215.854	VIA
141	9969375.6	769448.05	3216.094	VIA
142	9969379.3	769457.35	3217.129	LI
143	9969390.6	769469.97	3217.601	LI
144	9969402.2	769479.63	3218.346	LI
145	9969419	769488.36	3219.064	LI
146	9969422.8	769501.72	3216.53	TL
147	9969406.9	769496.35	3215.922	TL
148	9969397.9	769493.28	3215.206	TL
149	9969389.7	769488.37	3214.772	TL
150	9969380.1	769477.46	3214.625	TL
151	9969371.2	769464.05	3214.517	TL
152	9969361.3	769451.66	3214.335	TL
153	9969347.2	769436.91	3213.46	TL
154	9969334.6	769424.84	3212.077	VIA
155	9969331	769428.5	3212.15	VIA
156	9969344.4	769442.53	3211.8	VIA
157	9969348.3	769439.57	3211.988	VIA
158	9969358.3	769449.45	3211.959	VIA
159	9969356.6	769453.48	3211.836	VIA
160	9969366.9	769466.11	3211.756	VIA
161	9969370.6	769464.57	3211.777	VIA
162	9969378.8	769483.13	3211.95	VIA
163	9969382.4	769481.57	3211.992	VIA
164	9969388.7	769493.02	3212.233	VIA
165	9969391	769490.31	3212.219	VIA
166	9969393.3	769495.82	3212.325	VIA
167	9969395.9	769493.16	3212.442	VIA
168	9969409.1	769501.75	3212.958	VIA
169	9969411.4	769499.2	3212.862	VIA
170	9969392.7	769496.88	3212.257	GPS3
171	9969376.3	769381	3216.197	GPS4
172	9969428.3	769510.35	3212.792	VIA
173	9969429.6	769506.44	3212.963	VIA
174	9969451.7	769519.03	3213.853	VIA
175	9969449.4	769522.08	3213.75	VIA

176	9969464.9	769535.25	3214.716	VIA
177	9969463.5	769529.04	3214.545	VIA
178	9969485	769549.64	3215.219	VIA
179	9969482.3	769552.99	3215.268	VIA
180	9969516.7	769585.35	3215.22	VIA
181	9969501.8	769565.19	3215.596	VIA
182	9969391	769489.01	3213.573	TL
183	9969405.7	769495.55	3214.616	TL
184	9969420.9	769500.67	3215.185	TL
185	9969443.5	769512.06	3215.99	TL
186	9969457.2	769520.29	3217.437	TL
187	9969469.7	769532.34	3217.827	TL
188	9969481.7	769545	3217.65	TL
189	9969491.6	769551.37	3217.97	TL
190	9969512.3	769573.58	3218.045	TL
191	9969527.7	769587.65	3218.156	TL
192	9969540	769598.81	3218.548	TL
193	9969543	769598.47	3219.056	TL
194	9969557.2	769604.9	3220.814	TL
195	9969560.5	769601.61	3223.332	TL
196	9969553.5	769591.04	3224.653	TL
197	9969544.3	769581.33	3224.755	TL
198	9969531.3	769567.53	3224.851	TL
199	9969519.6	769555.81	3225.047	TL
200	9969505.7	769540.9	3225.153	TL
201	9969493.3	769527.26	3225.588	TL
202	9969494.8	769520.44	3228.597	TL
203	9969510.2	769537.31	3228.075	TL
204	9969525.2	769553.38	3228.086	TL
205	9969541.4	769569.81	3227.812	TL
206	9969558.7	769588.68	3227.758	TL
207	9969571.5	769601.65	3227.528	TL
208	9969586.5	769615.34	3228.401	TL
209	9969589.4	769607.55	3232.814	TL
210	9969566.3	769586.31	3231.925	TL
211	9969541.9	769559.59	3231.812	TL
212	9969521.5	769537.94	3232.219	TL
213	9969512.5	769526.92	3232.557	TL
214	9969430.7	769489.69	3220.528	TL
215	9969450.3	769498.69	3221.909	TL
216	9969467.3	769507.27	3224.251	TL
217	9969487.3	769519.96	3226.887	TL
218	9969532.8	769599.02	3216.181	VIA
219	9969535.3	769596.55	3216.355	VIA
220	9969548.6	769612.94	3216.211	VIA

221	9969552	769611.45	3216.284	VIA
222	9969560.1	769624.74	3215.977	VIA
223	9969563.2	769623.16	3216.079	VIA
224	9969570.2	769637.87	3215.636	VIA
225	9969573.5	769636.84	3216.099	VIA
226	9969583.9	769660.48	3216.004	VIA
227	9969587	769657.86	3216.03	VIA
228	9969590.7	769670.56	3216.061	VIA
229	9969594.5	769669.47	3216.227	VIA
230	9969594	769675.23	3216.066	GPS5
231	9969259.4	769308.81	3189.536	VIA
232	9969260.4	769304.48	3189.59	VIA
233	9969271.9	769307.08	3188.503	VIA
234	9969271.7	769311.63	3188.523	VIA
235	9969282.1	769313.11	3187.226	VIA
236	9969283.3	769308.48	3187.101	VIA
237	9969288.7	769309.67	3186.336	VIA
238	9969289.5	769313.27	3186.402	VIA
239	9969305.4	769309.15	3184.173	VIA
240	9969306.1	769312.86	3184.115	VIA
241	9969324.2	769307.99	3181.824	VIA
242	9969325.9	769312.47	3181.82	VIA
243	9969339	769310.51	3180.173	VIA
244	9969339.1	769306.55	3180.085	VIA
245	9969354.5	769303.82	3178.391	VIA
246	9969356	769307.54	3178.317	VIA
247	9969369.1	769305.6	3176.709	VIA
248	9969369.5	769301.81	3176.759	VIA
249	9969380.4	769300.42	3175.426	VIA
250	9969381.9	769305.37	3175.376	VIA
251	9969390.6	769305.2	3174.034	VIA
252	9969391.3	769300.39	3174.006	VIA
253	9969401.9	769301.47	3172.379	VIA
254	9969402.6	769305.9	3171.874	VIA
255	9969407.6	769301.98	3172.124	GPS6
256	9969300.9	769316.58	3189.307	TL
257	9969318.2	769314.07	3186.048	TL
258	9969334.5	769313.92	3184.539	TL
259	9969350.9	769324.63	3189.495	TL
260	9969329.1	769330.39	3192.1	TL
261	9969364.6	769328.42	3190.763	LI
262	9969356.3	769308.97	3181.763	TL
263	9969371.2	769306.55	3179.393	TL
264	9969394.8	769307.12	3176.892	TL
265	9969391.4	769315.77	3182.641	LI

266	9969375	769317.77	3185.59	LI
267	9969423.9	769306.93	3169.706	VIA
268	9969424.2	769311.23	3169.72	VIA
269	9969433	769312.65	3168.296	VIA
270	9969435.7	769308.16	3167.922	VIA
271	9969441.7	769308.03	3167.182	VIA
272	9969442.8	769313.39	3166.979	VIA
273	9969450.3	769310.97	3166.013	VIA
274	9969450.5	769306.37	3165.78	VIA
275	9969458	769303.43	3164.619	VIA
276	9969460.6	769306.47	3164.436	VIA
277	9969485.6	769293.02	3161.849	VIA
278	9969485.1	769289.2	3161.679	VIA
279	9969507.8	769275.94	3158.867	VIA
280	9969510.2	769278.94	3158.688	VIA
281	9969528.3	769264.4	3156.112	VIA
282	9969530.2	769267.32	3156.009	VIA
283	9969542.3	769255.51	3153.967	VIA
284	9969544.1	769258.16	3153.956	VIA
285	9969553	769248.36	3152.321	VIA
286	9969557	769251.21	3152.406	VIA
287	9969562.6	769248.04	3151.46	VIA
288	9969570.8	769243.13	3151.912	VIA
289	9969569.5	769245.69	3151.895	VIA
290	9969565.1	769240.82	3151.197	VIA
291	9969562.4	769237.5	3150.575	VIA
292	9969557.1	769238.73	3150.821	VIA
293	9969565.8	769253.21	3154.133	TL
294	9969559.1	769250.97	3154.164	TL
295	9969565.6	769258.57	3154.067	LI
296	9969559.4	769261.55	3157.05	LI
297	9969550.6	769256.02	3156.255	TL
298	9969543.7	769262.49	3158.755	TL
299	9969553	769274.79	3164.227	LI
300	9969538.6	769287.59	3170.025	LI
301	9969527.3	769281.66	3165.322	LI
302	9969525.3	769272.76	3160.896	TL
303	9969517	769278.24	3162.185	TL
304	9969510.6	769281.26	3162.69	TL
305	9969493.4	769292.09	3165.358	TL
306	9969502.2	769304.35	3172.998	LI
307	9969508.4	769312.46	3178.53	LI
308	9969491	769327.27	3180.819	LI
309	9969479	769312.96	3172.605	LI
310	9969471.3	769303.4	3167.608	TL

311	9969455.3	769309.73	3167.549	TL
312	9969461.6	769318.21	3171.022	LI
313	9969468.7	769329.73	3176.469	LI
314	9969473.9	769338.38	3181.122	LI
315	9969455.1	769344.07	3181.893	LI
316	9969439.7	769345.47	3184.122	LI
317	9969415.8	769338.7	3186.309	LI
318	9969403.9	769333.17	3187.519	LI
319	9969406	769320.45	3180.47	LI
320	9969409.9	769310.19	3174.947	TL
321	9969424.1	769311.84	3172.175	TL
322	9969425.7	769324.7	3177.28	LI
323	9969442.7	769328.65	3175.433	LI
324	9969454.5	769328.81	3174.638	LI
325	9969452.2	769318.31	3170.138	LI
326	9969435.8	769314.05	3170.581	TL
327	9969440.7	769314.67	3169.272	TL
328	9969447.7	769313.67	3168.999	TL
329	9969455.8	769310.09	3167.832	TL
330	9969600.2	769682.3	3215.818	VIA
331	9969605.1	769683.48	3215.803	VIA
332	9969605.6	769681.77	3218.357	TL
333	9969600.1	769673.78	3218.679	TL
334	9969599.2	769674.54	3216.533	VIA
335	9969614.3	769699.65	3215.395	VIA
336	9969618.2	769698.47	3215.536	VIA
337	9969618.9	769697.68	3218.322	TL
338	9969629.3	769717.52	3215.722	VIA
339	9969629.9	769715.68	3215.891	VIA
340	9969632.2	769712.68	3218.975	TL
341	9969641.6	769735.52	3215.843	VIA
342	9969645.6	769733.11	3216.031	VIA
343	9969646.5	769732.45	3219.304	LT
344	9969650.9	769737.17	3219.293	LT
345	9969659.4	769741.99	3220.211	LT
346	9969659.4	769741.88	3218.234	ACCESO
347	9969656.1	769745.06	3218.407	ACCESO
348	9969651.9	769742.02	3217.124	ACCESO
349	9969651.9	769739.04	3217.005	ACCESO
350	9969652.3	769743.55	3216.032	VIA
351	9969650.7	769746.32	3215.879	VIA
352	9969655.7	769747.82	3215.846	VIA
353	9969653.2	769750.74	3215.689	VIA
354	9969659.1	769758.77	3215.241	VIA
355	9969661.5	769757.23	3215.334	VIA

356	9969662.4	769756.67	3216.54	TL
357	9969664.1	769768.12	3214.81	POSTE
358	9969665.2	769765.85	3214.734	POZO
359	9969669.1	769775.74	3214.252	VIA
360	9969672.6	769775.54	3214.209	VIA
361	9969673.3	769784.95	3214.034	VIA
362	9969676.3	769785.3	3214.28	VIA
363	9969679.3	769799.63	3212.762	VIA
364	9969682.9	769799.63	3212.861	VIA
365	9969682.9	769803.4	3212.646	POZO
366	9969682.7	769809.25	3212.244	VIA
367	9969685.1	769808.24	3212.751	VIA
368	9969684.3	769818.07	3211.827	VIA
369	9969687.1	769818.57	3211.932	VIA
370	9969683.8	769825.44	3211.652	VIA
371	9969686.7	769825.3	3211.691	VIA
372	9969683.5	769821.31	3212.733	GPS7
373	9969682.7	769803.65	3212.65	AUX1
374	9969677.5	769785.98	3214.419	ACCESO
375	9969685.2	769798.15	3216.166	ACCESO
376	9969687.4	769795.74	3216.042	ACCESO
377	9969682.3	769787.69	3214.894	ACCESO
378	9969677.8	769782.22	3214.496	ACCESO
379	9969688.3	769803.68	3216.728	TL
380	9969691	769812.92	3216.437	TL
381	9969689	769796.58	3216.919	TL
382	9969681.3	769783.99	3217.021	TL
383	9969687.9	769780.77	3217.335	LI
384	9969696.4	769796.15	3217.907	LI
385	9969698.8	769817.32	3218.41	LI
386	9969676.6	769778.37	3216.284	TL
387	9969667.1	769762.56	3217.335	TL
388	9969659.9	769749.38	3219.252	TL
389	9969674.8	769750.95	3222.145	LI
390	9969686	769767.55	3222.933	LI
391	9969672	769739.48	3226.036	LI
392	9969665.4	769726.39	3228.408	LI
393	9969654.3	769738.27	3220.043	TL
394	9969662.8	769743.46	3221.041	TL
395	9969591.9	769663.67	3218.536	TL
396	9969582.3	769648.76	3218.792	TL
397	9969578.1	769642.52	3218.612	TL
398	9969588.1	769630.56	3225.118	LI
399	9969592.7	769622.22	3230.729	LI
400	9969605.9	769638.19	3232.149	LI

401	9969601.1	769645.69	3227.111	LI
402	9969612.2	769664.48	3226.381	LI
403	9969609.5	769667.1	3222.904	LI
404	9969619.8	769674.56	3225.323	LI
405	9969619.6	769659.05	3231.29	LI
406	9969633.4	769670.53	3233.279	LI
407	9969644.1	769680.4	3234.283	LI
408	9969639.2	769692.81	3227.603	LI
409	9969655.2	769708.26	3230.084	LI
410	9969662.7	769706.06	3234.449	LI
411	9969667.4	769713.16	3234.192	LI
412	9969660.1	769719.15	3228.501	LI
413	9969652.8	769732.18	3220.728	LI
414	9969642.3	769717.29	3220.956	LI
415	9969632.8	769706.76	3220.384	LI
416	9969620.2	769690.6	3220.045	LI
417	9969614.9	769684.41	3219.953	LI
418	9969607	769672.86	3220.547	LI
419	9969594.9	769661.12	3219.2	LI
420	9969589.3	769650.67	3219.875	LI
421	9969582	769640.97	3219.565	LI
422	9969568	769627.71	3218.48	TL
423	9969572.8	769634.21	3218.437	TL
424	9969550.4	769608.76	3219.045	TL
425	9969534	769593.55	3219.161	TL
426	9969510.3	769571.52	3218.95	TL
427	9969498.4	769559.81	3218.757	TL
428	9969502.5	769556.72	3219.638	TL
429	9969514.7	769569.69	3219.972	LI
430	9969530	769584.76	3219.659	LI
431	9969547.3	769598.77	3220.428	LI
432	9969560.4	769613.59	3219.659	LI
433	9969570.5	769626.81	3218.974	LI
434	9969576.6	769633.65	3218.939	LI
435	9969501.6	769983.2	3200.435	VIA
436	9969502.9	769987.04	3200.334	VIA
437	9969511.4	769976.6	3201.497	VIA
438	9969514.3	769979.19	3201.712	VIA
439	9969497.1	769999.47	3201.203	TL
440	9969502.1	769990.95	3202.299	TL
441	9969511.8	769984.34	3203.316	TL
442	9969522.2	769977.29	3203.939	TL
443	9969526.3	769974.59	3203.897	TL
444	9969532.9	769982.01	3205.995	LI
445	9969521.7	769992.77	3204.842	LI

446	9969509.7	770004.85	3203.15	LI
447	9969680.2	769837.93	3211.3703	VIA
448	9969678.4	769855.3	3210.9107	VIA
449	9969673.3	769857.32	3210.7351	VIA
450	9969670.2	769874.31	3210.4838	VIA
451	9969666.5	769873.28	3210.4465	VIA
452	9969658.9	769896.37	3210.4379	VIA
453	9969655.4	769894.43	3210.3207	VIA
454	9969648.8	769909.54	3210.4494	VIA
455	9969643	769910.07	3210.3498	VIA
456	9969636	769922.3	3210.4037	VIA
457	9969611	769934.79	3209.007	VIA
458	9969608.2	769939.83	3208.806	VIA
459	9969603.7	769937.7	3208.4078	VIA
460	9969600.3	769942.84	3208.0164	VIA
461	9969584.7	769944.21	3206.9602	VIA
462	9969582.8	769948.68	3206.7686	VIA
463	9969638	769914.99	3210.2625	VIA
464	9969632.2	769920.94	3210.3926	VIA
465	9969632.3	769920.92	3210.3769	VIA
466	9969623.8	769927.64	3210.0481	VIA
467	9969613.5	769933.88	3209.2405	VIA
468	9969604.3	769937.71	3208.4318	VIA
469	9969593.5	769941.62	3207.5481	VIA
470	9969580.4	769945.65	3206.7782	VIA
471	9969573.5	769948.49	3206.3663	VIA
472	9969564.2	769951.55	3205.7049	VIA
473	9969551.4	769955.66	3205.1577	VIA
474	9969534.1	769962.23	3204.5044	VIA
475	9969542.5	769962.88	3204.7012	VIA
476	9969555.8	769957.88	3205.3485	VIA
477	9969564	769955.33	3205.7454	VIA
478	9969573.8	769951.92	3206.2347	VIA
479	9969582.3	769948.89	3206.7483	VIA
480	9969599.7	769942.91	3208.005	VIA
481	9969608.2	769939.87	3208.8097	VIA
482	9969608.4	769939.7	3208.8792	VIA
483	9969527.2	769964.31	3204.3903	AUX
484	9969502.4	769975.73	3200.9	AUX
485	9969681.2	769849.4	3211.5306	TL
486	9969683.5	769844.11	3211.9436	CERRAMIENTO
487	9969684.8	769840.14	3213.1726	TL
488	9969686.4	769834.59	3213.8853	TL
489	9969687.6	769828.4	3214.427	TL
490	9969688.4	769821.44	3214.392	TL

491	9969693.6	769821.7	3216.1388	CASA
492	9969692.9	769831.32	3216.0629	CASA
493	9969680.7	769850.01	3213.5688	TL
494	9969683.7	769851.52	3213.5394	TL
495	9969681.9	769852.27	3213.1902	TL
496	9969678.6	769860.39	3213.3294	TL
497	9969672.8	769871.15	3212.6404	TL
498	9969662.9	769894.23	3213.3648	TL
499	9969657.6	769903.33	3213.7266	TL
500	9969648.4	769914.16	3213.7787	TL
501	9969644.4	769917.45	3213.6446	TL
502	9969557.5	769958.57	3207.148	TL
503	9969579.6	769950.95	3208.4509	TL
504	9969619.4	769938.78	3212.8374	TL
505	9969599.4	769944.9	3210.3063	TL
506	9969527.2	769964.31	3204.4149	AUX
507	9969536.6	769967.01	3204.7904	TL
508	9969537.2	769970.01	3205.6158	VIA
509	9969542.9	769977.16	3207.672	VIA
510	9969550.4	769983.97	3209.7054	VIA
511	9969556.1	769989.42	3210.9093	VIA
512	9969551.9	769992.38	3210.6763	VIA
513	9969541.9	769983.8	3208.5181	VIA
514	9969527.9	769970.11	3204.4442	VIA
515	9969523.8	769970.23	3203.5732	VIA
516	9969538.6	769970.81	3206.5037	TL
517	9969545.4	769977.62	3208.9756	TL
518	9969551.8	769983.35	3210.7425	TL
519	9969555.8	769987.46	3211.7929	TL

Nota. Se muestra las coordenadas del levantamiento topográfico del proyecto. Elaborado por:

Los autores

El grupo de puntos obtenidos mediante el levantamiento topográfico será procesado en el programa Civil 3D para la elaboración de curvas y superficie, para ellos se detalla en la Fig. 3 y Fig. 4.

4.1.2 Hitos

Al iniciar el levantamiento topográfico se colocan los Hitos o también conocidos como puntos de control, que deben ser datos de posición precisos y servirán para ser utilizados como

puntos base, los cuales fueron ubicados en lugares específicos, obteniendo un total de 8 puntos georreferenciados detallados en la siguiente tabla.

Tabla 5

Puntos de control GPS.

NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
9969249.808	769356.306	3204.142	GPS
9969314.017	769411.756	3212.298	GPS1
9969247.778	769301.444	3191.906	GPS2
9969392.714	769496.88	3212.257	GPS3
9969376.275	769381.001	3216.197	GPS4
9969593.981	769675.232	3216.066	GPS5
9969407.627	769301.983	3172.124	GPS6
9969683.45	769821.308	3212.733	GPS7

Nota. Se refleja las coordenadas de los puntos de control GPS. Elaborado por: Los autores.

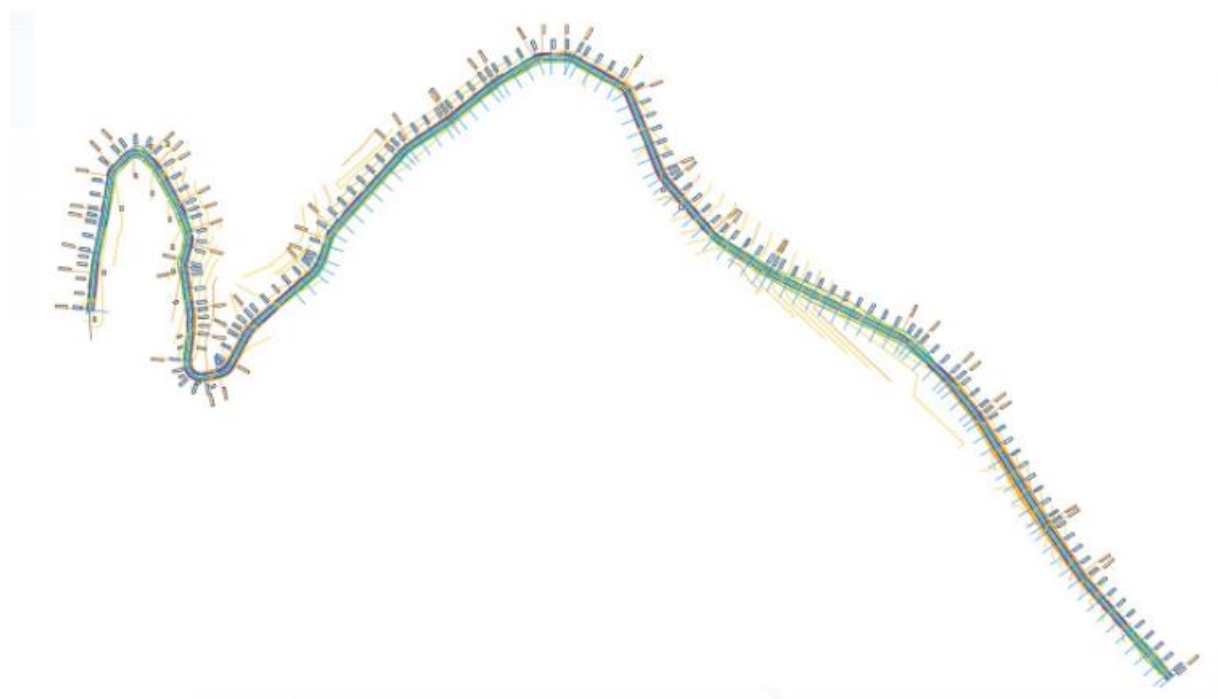
Culminado el levantamiento topográfico de todo el proyecto procedemos a la importación de información almacenada en los equipos topográficos para su debido proceso, para el cual se ejecutará en el programa Civil 3D, cargando todos los puntos tomados, corrigiendo si es necesario basándose en fotografías tomadas durante el trabajo de campo y poder continuar con el diseño horizontal y vertical.

4.1.3 Tipo de relieve

El proyecto y la topografía presentada da como resultado un relieve montañoso, debido a las pendientes presentadas, dato que servirá para obtener valores de velocidades de diseño, radios mínimos de curvaturas, entre otros datos que servirán para un correcto diseño geométrico.

Figura 3

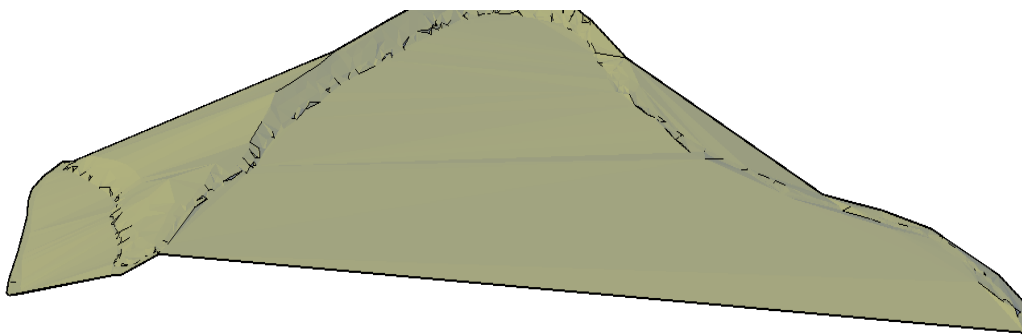
Levantamiento topográfico



Nota. Se indica los puntos tomando en el levantamiento topográfico. Elaborado por: Los autores.

Figura 4

Superficie terreno



Nota. Se indica la superficie generada mediante levantamiento topográfico. Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE TRÁFICO

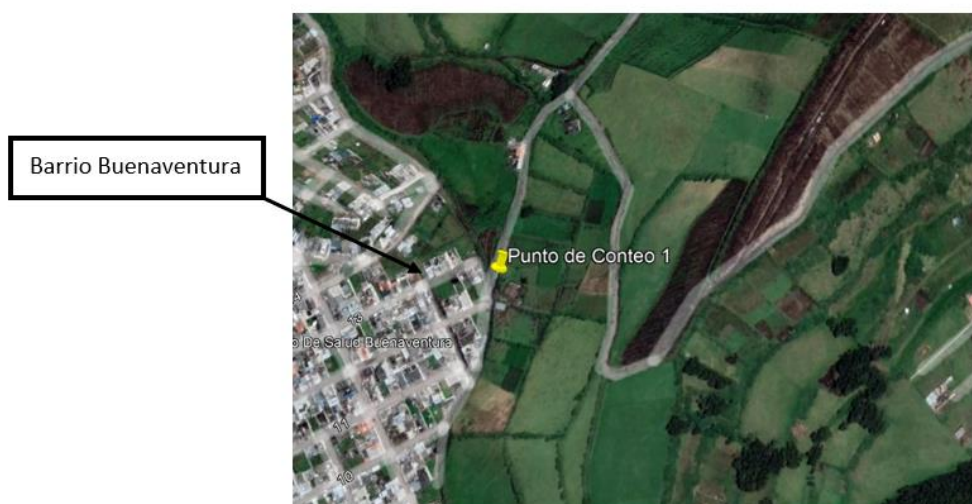
El estudio de tráfico es un procedimiento indispensable en un diseño vial, en el cual se obtendrán datos de la cantidad de vehículos presentes que circulen por la vía de proyecto, este dato contribuirá para realizar una proyección futura según normativas, que requieren diseños a 10 y 20 años transformándolos a ejes equivalentes de 18kips, resultado que se tomará como referencia para un diseño de pavimento flexible resistente a dicha carga.

5.1 Método de conteo

El volumen de tránsito vehicular puede ser obtenida por varios métodos de conteos, manuales o automáticos. En este proyecto se realizó un conteo manual en dos puntos estratégicos, uno en la entrada por el barrio Buenaventura detallado en la Figura 5, y el segundo punto en la entrada por el barrio Jardines del Occidente detallada en la Figura 6, obteniendo datos detallados del número y características de vehículos que circulen por la vía en estudio.

Figura 5

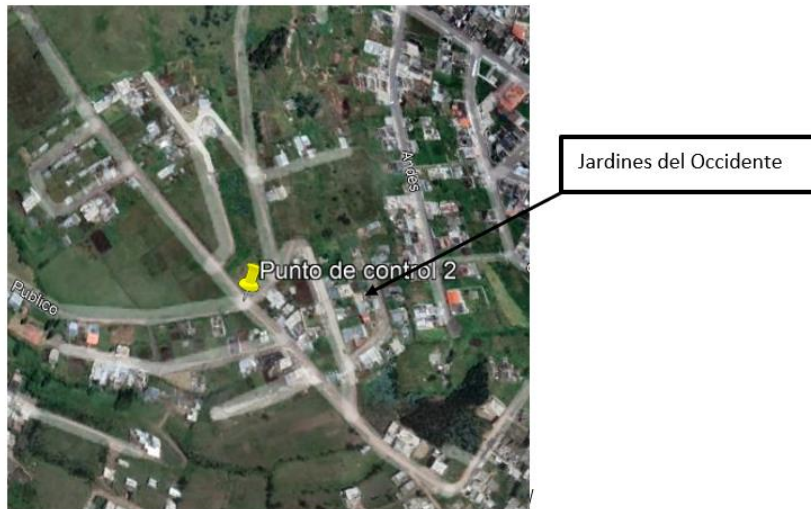
Punto de conteo 1.



Nota. Se detalla el punto de control 1 para realizar el conteo manual de vehículos. Elaborado por: Los Autores. Fuente: Google Earth Pro.

Figura 6

Punto de conteo 2.



Nota. Se detalla el punto de control 2 para realizar el conteo manual de vehículos. Elaborado por: Los Autores. Fuente: Google Earth Pro.

Es importante conocer todos los tipos de vehículos que circulen por la vía, separándolos según su tipo ya sean motos, vehículos livianos o vehículos pesados, para lo cual se lo hizo en el horario de 7:00 – 19:00 completando las 12 horas como detalla la normativa, durante 7 días, en especial días laborables, obteniendo volúmenes de tráfico el cual se ocupará para el diseño geométrico y estructural con el objetivo de obtener el TPDA (tránsito promedio diario anual).

Para la clasificación e identificación de vehículos debemos guiarnos en la Figura 7 que se presenta a continuación, puesto que indica el tipo de vehículo según su número de ejes, denominación recomendada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Figura 7

Clasificación vehicular MTOP.

CUADRO DEMOSTRATIVO DE 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		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		

Nota. Se detalla la clasificación vehicular según su peso y número de ejes. Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013, pág. 39)

Para el conteo manual se detalla de manera específica la cantidad de vehículos que circulen dentro del horario establecido, se clasifica en base a los distintos tipos dictados por MTOP para conocer el número total de vehículo que lleguen a circular, valor que se utilizará en el diseño geométrico y estructural, en la Tabla 6 se detalla el conteo vehicular realizado.

Tabla 6*Cuadro de conteo vehicular.*

CONTEO VEHICULAR									
Proyecto: Agustín Albán Borja									
Ubicación: Quito									
Hora conteo: 7:00 - 19:00									
Fecha: 5/12/2022 - 11/12/2022									
DIA	Motos	Livianos	Buses		2DA	Camiones			
						2DB	3A	V3-A	
Lunes	15	54	2		4	2	3	1	66
Martes	13	58	1		3	2	1	2	67
Miércoles	10	52	2		5	3	1	1	64
Jueves	14	74	1		2	6	2	3	88
Viernes	11	95	1		6	5	1	1	109
Sábado	8	101	0		3	1	2	2	109
Domingo	18	44	0		4	2	1	2	53
	TOTAL	478	7		27	21	11	12	556

Nota. Se detalla el resultado del conteo manual vehicular. Elaborado por: Los Autores.

5.2 Determinación del TPDA

En el diseño y construcción de la carretera se requiere tener información del tráfico actual para calcular el incremento que tendrá en un futuro la cual será a 10 y 20 años. El conteo vehicular se realizó en 7 días las fechas realizadas fueron de 5/11/22 hasta 11/11/22, tomando así fechas representativas por el motivo que se toma un día festivo esto con el objetivo que el cálculo se acerque más a la realidad.

Para el cálculo del TPDA se necesita conocer cuatro factores de ajuste que son:

- Factor horario (FH): “Nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a volumen diario promedio”. (MTOP, 2003, p. 14)
- Factor diario (FD): “Transforma el volumen de tráfico diario promedio en volumen semanal promedio” (MTOP, 2003, p. 15).

- Factor semanal (FS): “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en volumen mensual promedio” (MTOPI, 2003, p. 16).
- Factor mensual (FM): “Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en tráfico promedio anual” (MTOPI, 2003, p. 16).

Para obtener el valor del TPDA que está en función de los factores detallados anteriormente, se procederá a usar la ecuación 1.

$$TPDA = T_o * F_d * F_h * F_s * F_m \quad (1)$$

Donde:

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

To: Tráfico observado

Fm: Factor Mensual

Fs: Factor Semanal

Fd: Factor diario

5.2.1 *Trafico promedio diario horario*

Es un promedio realizado entre el número total de vehículos que circulan en una semana sobre el número de días que se contabilizo, a continuación, se presenta la ecuación 2.

$$TPDO = \frac{\# \text{ de vehículos contados en 7 días}}{\# \text{ de días de conteo}} \quad (2)$$

$$TPDO = \frac{556 \text{ vehículos}}{7 \text{ días}}$$

$$TPDO = 79,42 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

5.2.2 Tráfico promedio diario semanal

El tráfico promedio diario semanal es la cantidad de vehículos que transitan por la vía en el lapso de una semana, ya que se realizó el conteo por 12 horas se necesita utilizar un factor F_e determinado por MTOPS a continuación, se presenta la ecuación 3.

$$TPDS = TPDO * F_e \quad (3)$$

$$TPDS = 79,42 * 1.05$$

$$TPDS = 83,4 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

Donde el factor $F_e=1.05$ que fue dado por las normas del Ministerio de transporte y obras públicas MTOP.

5.2.3 Tráfico promedio diario mensual

El tráfico promedio diario mensual es la cantidad de vehículos que transitan en la vía por un lapso de un mes, para determinarlo se lo multiplica por el factor de ajusta semanal F_s . a continuación, se presenta la ecuación 4.

$$TPDM = TPDS * F_s \quad (4)$$

$$TPDM = 83,4 * 1.105$$

$$TPDM = 92,15 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

Donde el factor semanal F_s se transforma a un volumen promedio mensual, se lo determinó con la ecuación 5, en base al número de semana correspondientes al mes de diciembre que se realizó el conteo.

$$F_s = \frac{\text{Número de semanas en un mes}}{4} \quad (5)$$

$$F_s = \frac{4.42}{4}$$

$$F_s = 1.105$$

5.2.4 *Tráfico promedia diario anual.*

El tráfico promedio diario anual es la cantidad de vehículos que transitan durante 24 horas diarias durante 365 días que tiene un año. Se necesita multiplicar el TPDM por un factor mensual F_m a continuación, se presenta la ecuación 6.

$$TPDA = TPDM * F_m \quad (6)$$

$$TPDA = 92,15 * 0,878$$

$$TPDA = 80,91 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

El valor de F_m (Factor mensual) es el factor correspondiente al mes en el que se realizó el conteo vehicular, por lo tanto, para el presente proyecto se realizó el conteo en el mes de diciembre y el valor tomado es de 0.878, valores que se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Factores mensuales Fm.

Factores mensuales Fm	
MES	FACTOR
ENERO	1.07
FEBRERO	1.132
MARZO	1.085
ABRIL	1.093
MAYO	1.056
JUNIO	1.034
JULIO	1.982
AGOSTO	0.974
SEPTIEMBRE	0.923
OCTUBRE	0.913
NOVIEMBRE	0.869
DICIEMBRE	0.878

Nota. Se indica los factores correspondientes a cada mes. Fuente: MTOP

5.2.5 Tráfico de diseño

La realización del diseño vial se basa en el tráfico futuro entre 10 y 20 años, ésta nos ayuda a clasificar el tipo de carretera y también su velocidad con la que se va a diseñar, dando así un desempeño vial que dure hasta el tiempo proyectado.

Según la normativo MOP 2003 se logra tener un criterio de proyectar la vía a 20 años, para la proyección de tráfico se realizará con la ecuación 7.

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n \quad (7)$$

Donde:

i= Tasa de crecimiento anual

n= Años proyectados

Con la ayuda de datos proporcionados por el INEC de vehículos matriculados en la Provincia de Pichincha en años anteriores, se logrará obtener el porcentaje de crecimiento vehicular para livianos, buses y camiones, datos que se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8*Porcentaje de crecimiento vehicular Pichincha.*

Porcentajes		
Livianos	Buses	Camiones
1.20	0.11	1.10

Nota. Se da a entender los porcentajes de crecimiento de vehículos en Pichincha según su tipo.

Elaborado por: Los autores

Una vez obtenido los porcentajes de crecimiento vehicular se procederá a la obtención del TPDA futuro mediante la ecuación 7, valores que se detallan en la Tabla 9 para un periodo de 10 y 20 años.

Tabla 9*TPDA de diseño.*

AÑO	% Crecimiento			TRANSITO PROMEDIO DIARIO			CAMIONES		
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMIONES	3-A	2db
2.022	1,20%	0,11%	1,10%	81	69	5	7	4	3
2.023	1,20%	0,11%	1,10%	82	70	5	7	4	3
2.024	1,20%	0,11%	1,10%	83	71	5	7	4	3
2.025	1,20%	0,11%	1,10%	84	72	5	7	4	3
2.026	1,20%	0,11%	1,10%	85	72	5	7	4	3
2.027	1,20%	0,11%	1,10%	86	73	5	7	4	3
2.028	1,20%	0,11%	1,10%	87	74	5	7	4	3
2.029	1,20%	0,11%	1,10%	88	75	5	8	4	3
2.03	1,20%	0,11%	1,10%	89	76	5	8	4	3
2.031	1,20%	0,11%	1,10%	90	77	5	8	4	3
2.032	1,20%	0,11%	1,10%	91	78	5	8	4	3
2.033	1,20%	0,11%	1,10%	92	79	5	8	5	3
2.034	1,20%	0,11%	1,10%	93	80	5	8	5	3
2.035	1,20%	0,11%	1,10%	94	81	5	8	5	3
2.036	1,20%	0,11%	1,10%	95	82	5	8	5	3
2.037	1,20%	0,11%	1,10%	96	83	5	8	5	4
2.038	1,20%	0,11%	1,10%	97	84	5	8	5	4
2.039	1,20%	0,11%	1,10%	98	85	5	8	5	4
2.04	1,20%	0,11%	1,10%	99	86	5	9	5	4
2.041	1,20%	0,11%	1,10%	100	87	5	9	5	4
2.042	1,20%	0,11%	1,10%	101	88	5	9	5	4

Nota. Se denota el cálculo para la obtención del TPDA diseño. Elaborado por: Los autores

A continuación, se detalla un ejemplo de cálculo del TPDA de diseño para un periodo de 20 años.

Livianos:

$$TPDA_{20 \text{ años}} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 69 \times (1 + 0.012)^{20}$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 88$$

Buses:

$$TPDA_{20 \text{ años}} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 5 \times (1 + 0.0011)^{20}$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 5$$

Camiones:

$$TPDA_{20 \text{ años}} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 7 \times (1 + 0.011)^{20}$$

$$TPDA_{20 \text{ años}} = 9$$

$$TPDA_{diseño} = 101$$

5.3 Clasificación de tipo de vía

El Ministerio de Transporte Obras Públicas clasifica el tipo de vía en base a información preliminar que debe ser determinada, entre las cuales está el TPDA para un periodo de 20 años que empieza con un conteo manual vehicular, clasificación que esta detallada en la Tabla 10.

Tabla 10*Clasificación de tipo de vía.*

Clasificación de vía según el TPDA				
Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
3000 – 8000	1000 - 3000	300 - 1000	100 - 300	MENOS DE 100

Nota. Se detalla la clasificación de las vías según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.



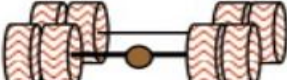
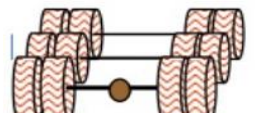
Fuente: (MTO, 2003)

Tomando como referencia el valor del TPDA y en base a la Tabla 10, el presente proyecto será clase IV, dato que será tomado en cuenta para el diseño geométrico.

5.4 Ejes equivalentes.

Al terminar el cálculo de TPDA que se utilizará en 20 años, se inicia con los factores de ejes equivalentes de carga por eje que se procede a calcular dependiendo del tipo de vehículos y su respectiva distribución máxima de carga por cada eje. Para cada tipo de eje tenemos un tipo de fórmula que se presente a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11*Factores equivalentes de carga.*

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

Nota. Se refleja las ecuaciones para la obtención de factores de carga según el tipo de eje.

Fuente: (Higuera Sandoval, 2010, pag.59).

Con la ayuda de las fórmulas detalladas en la Tabla 11, se obtendrá el valor del factor daño para cada tipo de vehículo según el MTOP según el número de ejes, resultados que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12

Factores de daño.

FACTORES DAÑO SEGÚN TIPO DE VEHICULO									
MTO P	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTO R DAÑO
	tons	(P/6.6) ^4	tons	(P/8.2) ^4	tons	(P/15) ^4	tons	(P/23) ^4	
BUS	3	0,04	7	0,53					0,57
2DB	7	1,27	11	3,24					4,50
3A	7	1,27			20	3,16			4,43
4C	7	1,27					24	1,19	2,45
V3-A	7	1,27			20	3,16			4,43

Nota. Se indica el factor daño según el tipo de vehículo y sus valores de carga en cada eje según la Tabla 8. Elaborado por: Los autores.

Para la conversión de ejes equivalentes nos guiaremos en el manual de diseño de pavimentos AASHTO-93, el cual consiste en determinar las diferentes cargas actuantes producidas por varios automotores sobre un pavimento y llevarlos a un número de repeticiones equivalentes de carga donde tiene un eje estándar de 18 Kips, se lo denominará ESAL (Equivalente Simple Axial Load), para la realización del cálculo se utilizó la ecuación 8.

$$N = N_o * 365 * F_c * F_d * \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad (8)$$

Donde:

N_o = Número de Ejes equivalentes/día en el año base del periodo de diseño

N = Número de Ejes equivalentes/año en proyección al periodo de diseño

F_d = Factor Dirección.

F_c = Factor Carril.

I = Crecimiento vehicular

n = Años del periodo de diseño a realizarse

El Factor carril (Fc), está dada en función del número de carriles en cada sentido estos valores son sugeridos por la AASHTO, cuales se detallan en la Tabla 13. Debido que este proyecto contará con un carril en cada sentido se tomará el valor de Fc: 1.00.

Tabla 13

Factor carril de diseño.

N° TOTAL DE CARRILES EN CADA DIRECCIÓN	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DE DISEÑO
1	1.00
2	0.90
3	0.75

Nota. Se refleja los valores de Fc en base al número de carriles en cada sentido. Fuente: AASHTO93

El Factor dirección (Fd) trata del porcentaje de flujo en cada dirección de circulación del vehículo, principalmente es 0.5 es decir que el total del flujo vehicular la mitad va en una dirección que la otra. A continuación, en la Tabla 14 se presenta los valores calculados de ejes equivalentes para 10 y 20 años para la obtención del W18.

$$W_{18} = 130403,12 \text{ kips}$$

Tabla 14

Carga de diseño.

TRANSITO PROMEDIO DIARIO				CAMIONES		W ₁₈	W ₁₈	CORRECCIONES	
TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMIONES	3-A	2db	Acumulado	Carril Diseño	POR CARRIL	POR DIREC
								2(1)	2(0.5)
81	69	5	7	4	3	12442,37546	1,12E+04		
82	70	5	7	4	3	25011,251	2,25E+04		
83	71	5	7	4	3	37708,00672	3,39E+04		
84	72	5	7	4	3	50534,03789	4,55E+04		
85	72	5	7	4	3	63490,75511	5,71E+04		
86	73	5	7	4	3	76579,58448	6,89E+04		
87	74	5	7	4	3	89801,96779	8,08E+04		
88	75	5	8	4	3	103159,3627	9,28E+04		
89	76	5	8	4	3	116653,2428	1,05E+05		
90	77	5	8	4	3	130285,0979	1,17E+05		
91	78	5	8	4	3	144056,4344	1,30E+05	129650,79	64825,40 10 años
92	79	5	8	5	3	157968,7749	1,42E+05		
93	80	5	8	5	3	172023,6589	1,55E+05		
94	81	5	8	5	3	186222,643	1,68E+05		
95	82	5	8	5	3	200567,3007	1,81E+05		
96	83	5	8	5	4	215059,2227	1,94E+05		
97	84	5	8	5	4	229700,0175	2,07E+05		
98	85	5	8	5	4	244491,311	2,20E+05		
99	86	5	9	5	4	259434,7472	2,33E+05		
100	87	5	9	5	4	274531,9879	2,47E+05		
101	88	5	9	5	4	289784,7134	2,61E+05	260806,24	130403,12 20 años

Nota. Se refleja las repeticiones de cargas de diseño de 18kips. Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO VI

DISEÑO GEOMÉTRICO

Para la realización del diseño geométrico debemos tener en cuenta que nuestro estudio topográfico debe estar lo más detallado posible por el motivo que existen viviendas construidas se debe colocar nuestro diseño tomando en cuenta estas variables y cumplir con la normativa establecida.

En la actualidad la vía se encuentra en estado deplorable con secciones transversales desiguales, en tramos con anchos de 3 metros, otros con 2.5m de ancho impidiendo el cruce de vehículos en ambos sentidos. Es por lo que en el diseño geométrico se tomará en cuenta secciones transversales planteadas de tal forma beneficie y facilite la circulación de vehículos.

6.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima en la que los vehículos podrán circular por la vía proyectada sin peligro alguno. La velocidad está dada a función de condiciones físicas, condiciones topográficas, importancia vial, el valor tomado debe ser el máximo compatible con la seguridad vial, eficiencia y movilidad vehicular (MTOP, 2003, pág. 26). Por lo que antes de tomar un valor de velocidad de diseño se debe realizar unos estudios referentes a las condiciones de la vía detallados en la Tabla 15.

Tabla 15

Velocidad de diseño.

		VELOCIDAD DE DISEÑO KM/h											
CATEGORÍA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	BÁSICA (RELIEVE LLANO)				PERMISIBLES EN TRAMOS DIFÍCILES							
		(RELIEVE LLANO)		(RELIEVE ONDULADO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)							
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizando para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal	
		Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.	Recom.	Abs.
R-I o R-II (Tipo)	>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II Todos	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III Todos	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV tipo 5, 5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V 4 y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Nota. Se indica la velocidad de diseño tomando en cuenta el TPDA, tipo de vía y tipo de relieve. Fuente: MOP 2003

Para el presente proyecto se tomará un valor de velocidad de diseño de 25 Km/h tomado de la Tabla 15 puesto a que la vía es de categoría IV y el levantamiento topográfico representa un relieve montañoso.

6.2 Velocidad de circulación

La velocidad es la cual se puede transitar por la vía realizada, se relaciona con el tiempo en el cual el vehículo se demora desde el inicio de la vía hasta el fin. A continuación, se muestra la Tabla 16 dada por las normas de diseño geométrico 2003 que nos indicará la velocidad de circulación con respecto de la velocidad de diseño.

Tabla 16

Velocidad de circulación Km/h.

VELOCIDAD DE DISEÑO EN KM/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Nota. Se refleja la velocidad de diseño tomando en cuenta el TPDA, tipo de vía y tipo de relieve.

Fuente: (MTO, 2003)

La velocidad de circulación establecida para el proyecto según el MOP será de 23 Km/h tomada de la Tabla 16 para un volumen de tránsito intermedio tomando en cuenta un crecimiento futuro.

6.3 Diseño horizontal

Según la normativa MOP- 001 del año 2003. El alineamiento horizontal es la proyección del eje vial sobre el plano horizontal, se complementa con una proyección de tangentes, curvas viales y curvas de transición (MTOP, 2003, p. 36). Por lo que es recomendable un estudio preliminar para realizar el diseño geométrico.

Se toma en cuenta que el diseño se ajustará a la normativa. El alineamiento horizontal está elaborado para no afectar a los moradores y cumplir la normativa de diseño vial dando así más seguridad a los conductores y moradores del lugar.

6.3.1 Curvas circulares

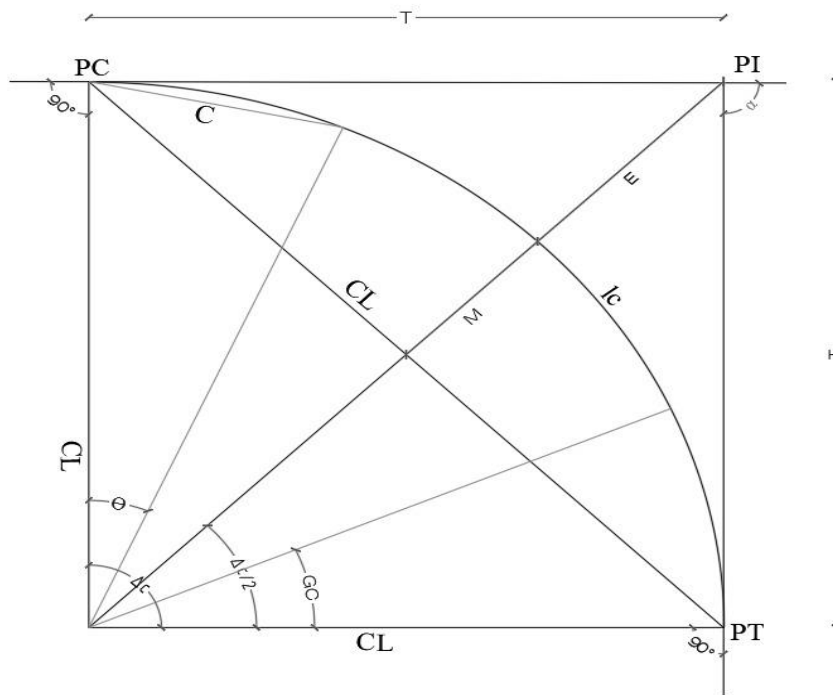
El alineamiento de curvas circulares está en base a un radio mínimo de curvatura. “Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas”. (MTOP, 2003, p. 36). Dependiendo de la dificultad de implantación en el alineamiento horizontal.

6.3.2 Curvas circulares simples

En el diseño horizontal se utilizó únicamente curvas circulares simples que se conforma por dos alineamientos rectos creados en la vía que al unirse crea un arco de circunferencia de un solo radio, a continuación, se detallan las partes principales de la curva circular simple detallados en la Figura 8.

Figura 8

Elementos de una curva circular simple.



Nota. Se indica los elementos que constituyen una curva circular simple. Fuente: (MTOP, 2003)

Donde:

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC: Punto en donde empieza la curva simple

PT: Punto en donde termina la curva simple

α : Ángulo de deflexión de las tangentes

ΔC : Ángulo central de la curva circular

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

GC: Grado de curvatura de la curva circular

RC: Radio de la curva circular

T: Tangente de la curva circular

E: External

M: Ordenada media

C: Cuerda

CL: Cuerda larga

L: Longitud de un arco le Longitud de la curva circular

6.3.3 *Curva de transición*

Según las normas de diseño geométrico MOP 2003 son.

“Las curvas que unen al tramo de tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como para el del sobreancho. La característica principal es que, a lo largo de la curva de transición, se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito en la tangente hasta llegar al radio de la curva circular” (MTO, 2003, p. 42). Siendo una de las posibilidades cuando no se puede diseñar una curva circular simple.

En el alineamiento horizontal se cuenta con curvas de transición por el tipo de terreno en el que se va a realizar la vía que tiene como característica ser montañoso. Estas curvas diseñadas de forma correcta ayudan a que el conductor tenga una trayectoria fácil y agradable desde su inicio hasta su final.

6.3.4 *Peralte de curvas*

El peralte en curvas es el cambio de pendientes que ayudan a dar mayor seguridad a los vehículos que transitan por la vía, Según las normas de diseño geométrico MOP 2003. Cuando un vehículo recorre una distancia circular es empujado por la fuerza centrífuga, la fuerza centrífuga está conformada por el peso vehicular y la fuerza de fricción que se desarrollan entre las llantas y la calzada (MTO, 2003, p. 51). Dándole seguridad a los usuarios cuando circulen por alguna curva.

Se utilizó el peralte máximo de 10% tomado de las normas de diseño geométrico MOP 2003, el motivo que se utilizó el peralte máximo por el tipo de vía que tenemos que está dada

por 2 carriles y tomando en cuenta que en su futuro se realizarán obras importantes y esto podría afectar al volumen de tráfico y priorizar la seguridad de los vehículos.

Para el diseño se utilizó como guía la Tabla 17 de las normas de diseño geométrico MOP 2003 los cuales se dan en función del TPDA y el tipo de terreno

Tabla 17

Valores de diseño MOP.

NORMAS	CLASE I 3 000 -8 000 TPDA						CLASE II 1000 - 3 000 TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	so
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	2 10	75
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345
Peralte	MÁXIMO = 10%											
Coefficiente "K" para (2)												
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10
Gradiente longitudinal (3) máxima (%)	3	4	6	3	s	7	3	4	7	4	6	8
Gradiente longitudinal (3) mínima (%)	0.50%											
Ancho de pavimento (m)	7.3			7.3			7.0			6.70		
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica					
Ancho de espaldones (3) estables (m)	3.0	2,5	2.0	2,5	2.0	1,5	3.0	2,5	2.0	2,5	2.0	1,5
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 - 4,0						2,0 - 4,0					
Curva de transición	ÚSENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO											
Carga de diseño	HS - 20 -44; HS-MOP; HS - 2S											
Puentes Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSIÓN DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES											
Ancho de Aceras (m)	0.50 m mínimo a cada lado											
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley											

CLASE III 300 - 1000 TPDA						CLASE IV 100 - 300 TPDA						CLASE V MENOS DE 100 TPDA					
RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	20	60	50	40	50	35	25'
275	210	110	2 10	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20
135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
MÁXIMO =10%						10% (Para V > 50 K.P.H.)						8% (Para V < 50 K.P.H.)					
43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	s	3	13	10	6	10	s	3
4	6	7	6	7	9	s	6	8	6	8	12	s	6	8	6	8	14
6.70			6.00			6.00						4,00					
Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B, Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado					
2.0	1.5	1	1.5	1,0	0.5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						--					
2.0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)						4.0					
2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo S y 5E)						---					
2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---					
ÚSENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO HS - 20 -44; HS-MOP; HS - 2S SERÁ LA DIMENSIÓN DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES 0.50 m mínimo a cada lado Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																	

Nota. La siguiente tabla indica los valores recomendados por el MOP para el diseño geométrico. Fuente: (M TOP, 2003)

De acuerdo con la Tabla 17 podemos seleccionar los datos que se adaptan a nuestro proyecto para continuar con el diseño, los cuales son detalladas en la Tabla 18 presentada a continuación.

Tabla 18

Valores de diseño geométrico.

Velocidad de diseño(km/h)	Radio mínimo de curvas horizontales (m)	Distancia de visibilidad para parada(m)	Distancia de visibilidad para rebasamiento(m)	Peralte
25	20	25	110	10%

Nota. Se refleja los valores que se ocuparan para el diseño geométrico. Elaborado por: Los autores. Fuente: (MTOPI, 2003)

6.3.5 Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad es de gran ayuda y seguridad para los conductores de diferentes vehículos, ya que es la longitud de la vía que un conductor puede mirar en el momento de estar manejando esta distancia de visibilidad se la puede dividir en dos: distancia de visibilidad para parada y distancia de rebasamiento.

6.3.6 Distancia de visibilidad para parada vehicular

La distancia de visibilidad es un factor que influye en la seguridad de los usuarios. Se denomina que es la distancia mínima necesaria para que el conductor logre observar un objeto en su trayectoria y lograr frenar antes de colisionar con el vehículo (MTOPI, 2003, pág. 181). Esto significa que será la longitud mínima de visibilidad que se debe tomar en cuenta en cualquier punto de la carretera.

Para el cálculo de distancia de visibilidad se determinará con la ecuación 9, la cual dependerá de la ecuación 10, ecuación 11 y ecuación 12.

$$D = d1 + d2 \quad (9)$$

$$d1 = 0.7 \times Vc \quad (10)$$

$$d2 = \frac{Vc^2}{254 \times f} \quad (11)$$

$$f = \frac{1.15}{Vc^{0.3}} \quad (12)$$

Donde:

d1= distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, (m)

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

d2 = Distancia necesaria para parar el vehículo después de aplicar los frenos (m).

Vc = Velocidad de circulación del vehículo (km/h).

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

A continuación, en la Tabla 19 se presenta la distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo en base a la velocidad de diseño.

Tabla 19

Distancia de visibilidad mínima.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD MÍNIMA PARA PARADA DE UN VEHÍCULO								
VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (kph)	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN ASUMIDA Vc (kph)	PERCEPCIÓN + REACCIÓN PARA DRENAJE		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL "I"	DISTANCIA DE DRENAJE "d2" GRADIENTE CERO(m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARADA (d=d1+d2)		
		TIEMPO (seg)	DISTANCIA RECORRIDA "d" (m)			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)	
20	20	2.5	13.89	0.47	3.36	17.25	20	
25	25	2.5	16.67	0.44	5.12	21.78	25	
30	30	2.5	19.44	0.42	7.29	26.74	30	
35	35	2.5	22.92	0,4	10.64	33.56	35	
40	40	2.5	25.69	0,39	13.85	39.54	40	
45	45	2.5	29.17	0,37	18.53	47.70	50	
50	50	2.5	31.94	0,36	22.85	54.79	55	
60	60	2.5	38.19	0,35	34.46	72.65	70	
70	70	2.5	43.75	0,34	47.09	90.84	90	
80	80	2.5	49.31	0,33	62	111.30	110	
90	90	2.5	54.86	0,32	79.25	134.11	135	
100	100	2.5	59.72	0,31	96.34	156.08	160	
110	110	2.5	63.09	0,3	112.51	176.40	180	
120	120	2.5	71.53	0,29	145.88	217.41	220	

Nota. Se indica los valores de distancias mínimas de visibilidad según la velocidad de diseño. Fuente: MOP 2003.

Por nuestro TPDA, velocidad de diseño y tipo de relieve en nuestra vía el cual es montañoso, se han obtenido los datos que nuestra distancia de visibilidad será 17.25 tomado de la Tabla 19 por nuestra velocidad de diseño, pero se utilizara la redondeada que es 20m.

6.3.7 Distancia de visibilidad para rebasamiento vehicular

La longitud de rebasamiento debe asegurar a los usuarios a realizar esta maniobra de manera segura. El rebasamiento se determina de acuerdo con la longitud de la carretera necesaria para realizar una maniobra de rebasamiento, esta condición se da solo a un rebasamiento, si existen más rebasamientos simultáneos no sería válida asumir esta condición (MTOP, 2003, pág. 192). Para el cálculo de la distancia se toma en cuenta varios factores los cuales se dan desde que el vehículo va a rebasar hasta que el vehículo vuelva a su carril, para este cálculo se tiene diferentes distancias que son:

- Distancia trasladada por el vehículo rebasante.
- Distancia trasladada por el vehículo rebasante.
- Distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto.
- Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante $2/3$ del tiempo empleado por el vehículo rebasante.

De acuerdo con todos los factores mencionados, la norma MOP 2003 nos facilita Tabla 20, donde nos especifica nuestra distancia mínima de visibilidad en el momento de rebasar.

Tabla 20*Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento.*

DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHÍCULO				
VD, KM/H	VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS, KM/H		DISTANCIA MÍNIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	NA	(80)
30	28	44	NA	(110)
35	33	49	NA	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830
120	94	110	831	830

Nota. Se refleja los valores mínimos de distancias de rebasamiento para los vehículos. Fuente: (MTO, 2003).

Para el rebasamiento se toma en cuenta nuestra velocidad de diseño y con ayuda de la Tabla 20 escogemos el valor recomendado que es de 80m.

6.3.8 Sección vial

Para el diseño y análisis de la sección vial se lo determinó de acuerdo con el volumen de tráfico TPDA y característica del relieve, para la selección se consultó con la Administración zonal de Quitumbe y se llegó a la conclusión que diseñaremos una vía categoría B según las especificaciones mínimas de vías rurales detalladas en la Tabla 21.

Tabla 21

Especificaciones mínimas de vías rurales.

ESPECIFICACIONES MÍNIMAS DE LAS VÍAS RURALES												
TIPO	Nº Carriles Por sentido	Ancho Carril (m.)	Carril Estacionamiento (m.)	Parterre (m.)	Espaldón Interno (m.)	Espaldón Externo (m.)	Cuneta (m.)	Ancho (m.)	Distancia paralela entre ejes viales (m.)	Longitud de la Vía (Km.)	Velocidad de proyecto (Km/h.)	Radio mínimo de esquinas al bordillo (m.)
Expresa*	3	3.65		6	1.5	2,5	1	37,9	3001 ó >	Variable	120	--
Arterial	2	3.65		6	0.5	2,5	1	28,6	1501-3000	Variable	90	--
Colectora A	2	3.65		4	0.5	2	1	25,6	1000 - 1500	5 - 15	60	--
Colectora B	2	3				1	1	16	1000 - 1500	5 - 15	60	--
Local	1	3				1	1	10	Hasta 1000	Menor a 5	30	5
Ciclo vías	Nº carriles	Ancho carril m.	Banda de protección m.				Distancia paralela entre ejes viales m.	Ancho total mínimo m.			Velocidad del proyecto km/h.	Radio mínimo de curvatura
Ciclo vía Suburbana	2	1.2						2.4			30	3

Nota. Se detalla las especificaciones que deben cumplir las vías rurales según su tipo. Fuente: Reglas técnicas de arquitectura y urbanismo, pag.23.

De acuerdo con las especificaciones de vías rurales, para el presente proyecto se determinó la siguiente sección transversal de 10m de ancho, divididos en 3m cada carril, 1m cada espaldón y 1m para cunetas en ambos sentidos.

6.3.9 Espaldones

Es una parte importante de la carretera su objetivo principal es ayudar a los vehículos que se estacionen por un pequeño lapso de tiempo o por algún inconveniente vehicular, también ayuda a una mayor visualización en las curvas y se puede también colocar señalizaciones. Para nuestro proyecto se utilizó un espaldón de 1 metro, debemos tener en cuenta que el gradiente del espaldón diferente al vial, para los gradientes de espaldones, la norma de diseño geométrico MOP 2003 nos facilita la Tabla 22 para tomar el valor del gradiente.

Tabla 22

Gradientes para espaldones.

GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALDONES (PORCENTAJES)		
CLASE DE CARRETERA	TIPOS DE SUPERFICIE (m)	GRADIENTE TRANSVERSAL%
R-I Or-ii >8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4
I 3000 A 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4
II. 1000 A 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4
III. 300 A 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4
IV. 100 A 300 TPDA	d.t.s.b O capa granular	4

Nota. Se indica las pendientes que deben cumplir las espaldones el tipo de carretera. Fuente:

MOP 2003.

De acuerdo con nuestra clase de carretera que es tipo IV nuestro gradiente transversal es del 4% de acuerdo con nuestra Tabla 22.

6.3.10 Pendiente transversal

La pendiente transversal de la vía es aquella que ayuda a los carriles a un óptimo bombeo en la superficie de la calzada, ayudando así a evitar accidentes automovilísticos y daño del pavimento, según la norma de diseño de carreteras MOP 2003 para una vía tipo IV se necesita una pendiente transversal de 2.5%, a continuación, en la Tabla 23 se presenta las características de la vía diseñada.

Tabla 23

Elementos sección escogida.

ELEMENTOS DE SECCION VIAL		
Tipo	Valor	Información
Ancho de calzada	3 m	Reglas técnicas de arquitectura y urbanismo
Espaldones	1 m	Reglas técnicas de arquitectura y urbanismo
Cunetas	1 m	Reglas técnicas de arquitectura y urbanismo
Pendiente transversal	2.50%	MOP 2003
Gradientes espaldones	4%	MOP 2003
Peralte en curvas	10%	MOP 2003
Numero carriles	2	Reglas técnicas de arquitectura y urbanismo

Nota. Se refleja la tabla detalla las dimensiones para la sección transversal a diseñar. Elaborado: Los autores.

Mediante el diseño de la sección vial se pudo terminar el diseño horizontal vial el cual empieza en la abscisa 0+000 y termina en la abscisa 2+546.96. en total el número de curvas circulares utilizadas fueron las que se detallaran en la Tabla 24.

Tabla 24*Resumen curvas circulares.*

Nº curva	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
C1	N8° 30' 46"E	6°34'07"	250	14.35	28.66	28.65	0.41	0+067.07	0+052.72	0+081.38	9969401.88	490899.39
C2	N10° 08' 41"E	3°18'17"	250	7.21	14.42	14.42	0.1	0+132.89	0+125.67	0+140.09	9969466.34	490912.86
C3	N26° 59' 11"E	36°59'17"	20	6.69	12.91	12.69	1.09	0+197.32	0+190.63	0+203.54	9969530.07	490922.37
C4	S89° 24' 16"E	90°13'49"	20	20.08	31.5	28.34	8.34	0+246.42	0+226.34	0+257.83	9969564.82	490957.72
C5	S24° 30' 51"E	9°18'20"	100	8.14	16.24	16.22	0.33	0+345.01	0+336.87	0+353.11	9969477.55	491018.6
C6	S2° 31' 03"E	34°41'16"	30	9.37	18.16	17.89	1.43	0+387.06	0+377.69	0+395.85	9969437.97	491032.9
C7	S2° 59' 52"W	23°39'28"	40	8.38	16.52	16.4	0.87	0+427.19	0+418.81	0+435.32	9969398.62	491022.49
C8	S1° 21' 00"E	14°57'44"	130	17.07	33.95	33.85	1.12	0+506.12	0+489.05	0+523.00	9969320.39	491034.64
C9	S48° 27' 18"E	109°10'20"	20	28.13	38.11	32.6	14.51	0+590.95	0+562.82	0+600.93	9969235.85	491025.56
C10	N52° 22' 11"E	49°10'43"	25	11.44	21.46	20.81	2.49	0+632.94	0+621.50	0+642.96	9969249.42	491084.15
C11	N38° 12' 53"E	20°52'08"	70	12.89	25.5	25.36	1.18	0+699.00	0+686.11	0+711.61	9969309.12	491115.6
C12	N33° 18' 12"E	30°41'31"	60	16.47	32.14	31.76	2.22	0+828.15	0+811.69	0+843.83	9969394.63	491212.76
C13	N29° 50' 44"E	23°46'36"	40	8.42	16.6	16.48	0.88	0+878.48	0+870.06	0+886.66	9969443.27	491228.52
C14	N49° 08' 43"E	14°49'21"	80	10.41	20.7	20.64	0.67	1+036.60	1+026.20	1+046.89	9969561.44	491333.94
C15	N53° 32' 14"E	6°02'18"	80	4.22	8.43	8.43	0.11	1+111.70	1+107.48	1+115.91	9969602.9	491396.7
C16	N54° 42' 05"E	8°22'01"	80	5.85	11.68	11.67	0.21	1+188.27	1+182.42	1+194.10	9969651.59	491455.81
C17	N74° 10' 21"E	30°34'31"	20	5.47	10.67	10.55	0.73	1+262.48	1+257.01	1+267.68	9969689.94	491519.36
C18	S75° 22' 42"E	30°19'23"	20	5.42	10.58	10.46	0.72	1+305.52	1+300.10	1+310.68	9969690.35	491562.65
C19	S41° 12' 59"E	38°00'05"	20	6.89	13.26	13.02	1.15	1+396.89	1+390.01	1+403.27	9969644.84	491642.18
C20	S31° 41' 14"E	18°56'36"	70	11.68	23.14	23.04	0.97	1+530.58	1+518.90	1+542.05	9969520.6	491692.92

C21	S48° 53' 23"E	15°27'41"	70	9.5	18.89	18.83	0.64	1+639.97	1+630.47	1+649.36	9969438.08	491765.06
C22	S60° 09' 39"E	7°04'51"	70	4.33	8.65	8.65	0.13	1+727.60	1+723.27	1+731.92	9969389.81	491838.32
C23	S54° 58' 17"E	17°27'34"	80	12.28	24.38	24.28	0.94	1+946.53	1+934.25	1+958.63	9969292.8	492034.61
C24	S42° 21' 53"E	7°45'14"	70	4.74	9.47	9.47	0.16	2+027.33	2+022.59	2+032.06	9969236.79	492093.1
C25	S35° 13' 57"E	6°30'37"	80	4.55	9.09	9.09	0.13	2+092.44	2+087.89	2+096.98	9969185.82	492133.63
C26	S33° 19' 41"E	2°42'05"	190	4.48	8.96	8.96	0.05	2+272.89	2+268.41	2+277.37	9969032.74	492229.2
C27	S37° 56' 20"E	6°31'13"	120	6.84	13.66	13.65	0.19	2+360.92	2+354.08	2+367.74	9968960.35	492279.29
C28	S36° 43' 41"E	15°07'20"	25	3.32	6.6	6.58	0.22	0+278.52	0+275.20	0+281.80	9969535.64	490986.18

Nota. Se indica el resumen de las curvas circulares en el diseño horizontal del proyecto. Elaborado por: Los autores.

6.4 Alineamiento vertical

6.4.1 Pendientes viales

Las pendientes viales es la relación de una altura determinada por el tipo de terreno y la distancia desplazada en dirección horizontal , normalmente y mediante la norma de diseño geométrico se llega a una pendiente máxima la cual es del 12%, con los estudios realizados y al determinar que la vía es un caso especial por el motivo de ser montañoso y al llegar con pendientes hasta de 24%, se trabajó con una pendiente máxima del 17% tomando en cuenta en no excedernos los cortes y rellenos de la vía ya que estos son unos de los rubros más importantes al realizar un diseño geométrico.

Para las pendientes mínimas la normativa exige lo siguiente. La longitud mínima es de 0.5% tomando en cuenta que en rellenos de 1m de altura o más se puede tener un gradiente de 0% (MTO, 2003, pág. 206). De tal forma asegurar el escurrimiento del agua presente en la vía, evitando algún tipo de daño superficial que ocasionen malestar a los usuarios.

Teniendo así en cuenta que nuestras pendientes mínimas no sean menores que las mencionadas, a continuación, en la Tabla 25 se presenta un resumen con las pendientes trabajadas para el diseño.

Tabla 25*Pendientes longitudinales.*

	ABSCISA	PENDIENTE
1	0+000 Hasta 0+127.60	5.86%
2	0+127.60 Hasta 0+756.76	10.97%
3	0+756.76 Hasta 0+949.78	3.54%
4	0+949.78 Hasta 1+220.18	0.16%
5	1+220.18 Hasta 1+378.49	4.03%
6	1+378.49 Hasta 1+555.21	7.40%
7	1+555.21 Hasta 1+874.36	16.58%
8	1+874.36 Hasta 2+081.54	6.12%
9	2+081.54 Hasta 2+172.05	10.96%
10	2+081.54 Hasta 2+542	16.94%

Nota. Se muestra el resumen de las pendientes longitudinales del proyecto. Elaborado por: Los autores.

6.4.2 Curvas verticales

Para las curvas verticales es un arco de parábola que se produce por la unión de dos tangentes en sentido vertical de nuestro plano, tenemos dos tipos que se pueden utilizar la parábola simple y curva circular, las dos tienen un resultado similar que no afecta al procedimiento y se podrían utilizar las dos presentadas. Para el cálculo es importante el factor K que se lo denomina como. La longitud de la curva en metro por cada tanto por ciento de la diferencia de gradientes, esta es utilizada para calcular la longitud de las curvas verticales par diferentes velocidades necesitadas (MTO, 2003, pág. 209). Dependiendo del tipo de curva vertical cambiará mi factor K.

6.4.3 Curva vertical convexa

Para la realización del cálculo se debe tomar en cuenta lo dicho por la norma de diseño geométrico que. La distancia mínima para curvas verticales se calcula en base a la distancia de

visibilidad obtenida teniendo en cuenta la altura del ojo del conductor de 1.15 metros y una altura de visualización sobre la carretera de 0.15 metros (MTOPI, 2003, pág. 209). Siendo esta una de las curvas que más relación tiene con la distancia de visibilidad para una circulación segura.

A continuación, se presenta la ecuación 13 para el cálculo.

$$L = \frac{A \times S^2}{426} \quad (13)$$

Donde:

L = longitud de la curva vertical convexa(m).

A = diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentaje

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

Simplificando la ecuación 13, podemos deducir la ecuación 14.

$$L = K \times A \quad (14)$$

A continuación, se presenta la Tabla 26 que detalla las curvas convexas mínimas comparando en función de la velocidad de diseño, distancia de visibilidad para parada y el tipo de carretera de acuerdo con su TPDA.

Tabla 26*Curvas convexas.*

CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS			
COEFICIENTE $K=S^2/426$			
VELOCIDAD DE DISEÑO	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARADA - "s"		CALCULADO REDONDEADO
	kph	(metros)	
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

Nota. Se refleja los valores mínimos curvas verticales convexas.Fuente: (MTO, 2003)

El valor obtenido para el coeficiente $K=2$ lo elegimos de la Tabla 26 mediante los datos obtenidos de velocidad de diseño 25km-h.

Tabla 27*Valores k para curvas convexas.*

**VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL
COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN
DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES
CONVEXAS MÍNIMAS**

					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R-Io	R-II	>	8000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3000	a	8000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000	a	3000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos	de	100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Nota. Se indica los valores mínimos de k para curvas convexas. Fuente MOP 2003.

Mediante la Tabla 27 se puede confirmar el valor de k=2 tomada por la información del tipo de vía IV, el TPDA y nuestra zona montañosa.

6.4.4 Curva vertical cóncava

Para la realización del diseño de curvas verticales cóncavas se tiene en cuenta que es necesario que tengan una longitud alta. La distancia de los rayos de luz que producen los faros de los vehículos debe ser igual a la distancia de visibilidad necesaria para que el vehículo logre frenar (MTOP, 2003, pág. 212). A continuación, se presenta la ecuación 15 sobre longitud de curva vertical que se basa en una altura de 0.6 metros en faros de vehículos con respecto a la diferencia algebraica de las gradientes.

$$L = \frac{A \times S^2}{122 + 3.5 \times S} \quad (15)$$

Donde:

L = longitud de la curva vertical convexa(m).

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

S = distancia de visibilidad para la parada de un vehículo(m)

Simplificando la ecuación 15, obtenemos la ecuación 16.

$$L = K \times A \quad (16)$$

Para un cálculo más exacto y rápido se presenta los siguientes valores de K para curvas cóncavas.

De la misma manera existen valores mínimos del factor K para curvas verticales cóncavas las cuales están en función de la velocidad de diseño y distancia de visibilidad, valores que se detallan en la Tabla 28.

Tabla 28

Curvas cóncavas.

CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS			
COEFICIENTE $K=S^2/122+3,5S$			
VELOCIDAD DE DISEÑO kph	DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA PARADA - "s" (metros)	CALCULADO	REDONDEADO
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
5	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

Nota. Se indica los valores mínimos de distancia de visibilidad para curvas cóncavas. Fuente MOP 2003.

El valor obtenido para el coeficiente $K=3$, lo elegimos de la tabla 28 mediante los datos obtenidos de velocidad de diseño 25km-h.

Una vez tomado los valores de los factores k , correspondientes al tipo de curva ya sea cóncava o convexa, se diseñará el alineamiento vertical como se detalla en la Tabla 29, verificando el cumplimiento de valores mínimos.

Tabla 29*Resumen curvas verticales.*

Diseño vertical									
N°	P.I.V.	Elevación	Inclinación de rasante (Entrada)	Inclinación de rasante (Salida)	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	3109.769m		5.86%					
2	0+127.60m	3117.252m	5.86%	10.97%	5.11%	Cóncavo	9.983	51.000m	998.296m
3	0+756.76m	3186.288m	10.97%	3.54%	7.43%	Convexo	3.365	25.000m	336.501m
4	0+949.78m	3193.127m	3.54%	-0.16%	3.70%	Convexo	6.76	25.000m	675.957m
5	1+220.18m	3192.708m	-0.16%	-4.03%	3.88%	Convexo	6.451	25.000m	645.084m
6	1+378.49m	3186.327m	-4.03%	-7.40%	3.37%	Convexo	7.419	25.000m	741.948m
7	1+555.21m	3173.249m	-7.40%	-16.58%	9.18%	Convexo	2.725	25.000m	272.477m
8	1+874.36m	3120.349m	-16.58%	-6.12%	10.45%	Cóncavo	3.002	31.380m	300.231m
9	2+081.57m	3107.661m	-6.12%	-10.96%	4.84%	Convexo	5.165	25.000m	516.508m
10	2+172.05m	3097.741m	-10.96%	-16.94%	5.97%	Convexo	4.186	25.000m	418.626m
11	2+575.96m	3029.336m	-16.94%						

Nota. Se muestra el resumen de curvas verticales utilizadas en el proyecto. Elaborado por: Los autores.

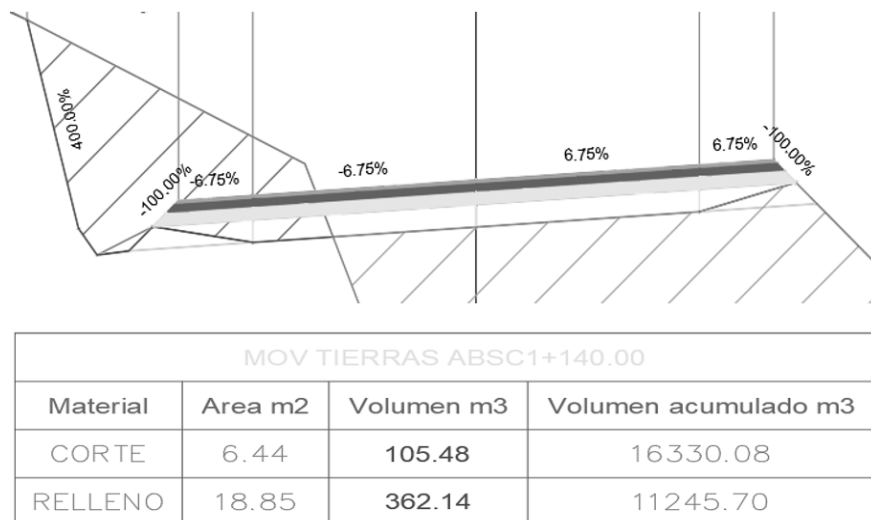
6.5 Corte y Relleno

El corte y relleno es uno de los parámetros más importantes debido que es un factor que eleva la cantidad del costo final de la realización de la vía, con la realización de diseños horizontales y verticales se logra el diseño de una sección denominados perfiles transversales.

Los perfiles transversales elaborados se dividen en dos el primero se indica el movimiento de tierras el cual está conformado por área de corte, área de relleno, volumen de la sección, volumen acumulado como indica la Figura 9. El segundo indica la estructura del pavimento el cual está conformado por área de pavimento, área de base, área de subbase, volumen del material en la sección y volumen del material acumulado. A continuación, se muestra la Tabla 30 donde detalla los volúmenes de cortes y relleno del proyecto.

Figura 9

Perfil transversal.



Nota. Se indica un ejemplo del perfil transversal en situación de corte. Elaborado por: Los autores.

Tabla 30*Resumen corte y relleno.*

Estación	Relleno Área (m2)	Corte Área (m2)	Relleno Volumen (m3)	Corte Volumen (m3)	Vol. Acumulado relleno (m3)	Vol. Acumulado de corte (m3)
0+000.00	0	7.85	0	0	0	0
0+020.00	0	5.2	0.02	130.53	0.02	130.53
0+040.00	0	4.4	0.03	95.97	0.04	226.5
0+060.00	0.85	1.08	8.57	54.6	8.61	281.1
0+070.00	2.09	0.48	14.77	7.64	23.38	288.74
0+080.00	5.16	0	36.3	2.34	59.69	291.08
0+100.00	10.7	0	158.68	0	218.37	291.08
0+120.00	15.37	0	260.78	0	479.15	291.08
0+130.00	19.11	0	172.43	0	651.58	291.08
0+140.00	20.45	0	198.15	0	849.73	291.08
0+160.00	28.48	0	489.33	0	1339.06	291.08
0+180.00	38.23	0	667.11	0	2006.17	291.08
0+200.00	40.37	0	767.96	0	2774.12	291.08
0+220.00	39.39	0	790.6	0	3564.72	291.08
0+230.00	38.57	0	385.68	0	3950.4	291.08
0+240.00	49.51	0	445.28	0	4395.68	291.08
0+250.00	40.68	0	458.49	0	4854.17	291.08
0+260.00	20.96	0	295.06	0	5149.22	291.08
0+280.00	15.54	2	355.25	20.92	5504.48	312
0+300.00	5.22	14.96	205.18	171.7	5709.65	483.7
0+320.00	6.5	15.18	117.24	301.38	5826.89	785.08
0+340.00	11.34	2.99	177.27	182.62	6004.16	967.7
0+350.00	10.69	9.44	105.67	64.36	6109.83	1032.06
0+360.00	27.08	0	187.1	47.69	6296.92	1079.75
0+380.00	20.89	0	475.73	0	6772.66	1079.75
0+390.00	16.81	4.1	174.32	23.32	6946.97	1103.06
0+400.00	14.42	7.02	147.03	59.79	7094	1162.86
0+420.00	17.36	1.36	319.16	83.3	7413.17	1246.16
0+430.00	6.74	12.82	129.4	64.6	7542.56	1310.76
0+440.00	8.26	11.03	78.61	113.4	7621.17	1424.16
0+460.00	2.94	28.73	112.01	397.65	7733.19	1821.81
0+480.00	2.56	17.89	55.06	466.22	7788.25	2288.03
0+490.00	0.01	29.8	12.89	238.43	7801.14	2526.46
0+500.00	1.88	16.27	9.21	234.61	7810.35	2761.07
0+510.00	0	33.8	9.14	255.01	7819.49	3016.08
0+520.00	2.07	19	10.06	269.27	7829.55	3285.35
0+540.00	3.99	15.71	60.34	348.65	7889.89	3634
0+560.00	0.4	29.39	43.85	451.06	7933.74	4085.05
0+570.00	0.12	33.88	3.03	291.45	7936.77	4376.5

0+580.00	0	46.18	0.74	371.39	7937.51	4747.89
0+590.00	0	49.63	0	459.97	7937.51	5207.86
0+600.00	0	47.13	0	467.89	7937.51	5675.75
0+620.00	0	69.45	0	1163.7	7937.51	6839.45
0+630.00	0	69.22	0	673.69	7937.51	7513.14
0+640.00	0	70.02	0	675.94	7937.51	8189.08
0+660.00	0	64.33	0	1339.45	7937.51	9528.53
0+680.00	0	61.63	0	1259.57	7937.51	10788.1
0+690.00	0	61.47	0	615.27	7937.51	11403.37
0+700.00	0	61.24	0	611.56	7937.51	12014.93
0+710.00	0	63.61	0	622.52	7937.51	12637.45
0+720.00	0	51.07	0	573.33	7937.51	13210.78
0+740.00	0	29.04	0	801.04	7937.51	14011.82
0+760.00	0.29	6.12	2.94	351.58	7940.45	14363.4
0+780.00	3.34	7.11	36.37	132.35	7976.82	14495.75
0+800.00	6.13	9.32	94.76	164.28	8071.58	14660.04
0+820.00	7.15	10.28	136.27	191.41	8207.85	14851.45
0+830.00	7.66	9.05	78.76	91.31	8286.6	14942.76
0+840.00	10.86	4.06	97.67	61.64	8384.27	15004.39
0+860.00	7.03	2.43	180.65	64.08	8564.92	15068.47
0+880.00	5.43	4.67	119.02	74.14	8683.94	15142.61
0+900.00	12.32	0.58	173.54	54.09	8857.49	15196.7
0+920.00	7.92	3.74	202.41	43.21	9059.89	15239.9
0+940.00	10.61	0.66	185.28	44.02	9245.17	15283.93
0+960.00	17.68	0.85	282.94	15.14	9528.11	15299.07
0+980.00	7.52	4.57	252.02	54.22	9780.13	15353.29
1+000.00	3.25	11.01	107.7	155.75	9887.83	15509.04
1+020.00	2.36	10.43	56.07	214.42	9943.9	15723.47
1+030.00	6.74	5.18	44.75	79.18	9988.65	15802.65
1+040.00	5.35	6.76	58.05	62.61	10046.69	15865.25
1+060.00	10.61	1.88	157.69	87.87	10204.39	15953.13
1+080.00	7.38	6.03	179.94	79.13	10384.33	16032.26
1+100.00	13.45	3.24	208.33	92.73	10592.66	16124.99
1+110.00	13.24	6.51	134.69	48.11	10727.35	16173.1
1+120.00	17.36	4.11	156.21	51.5	10883.56	16224.61
1+140.00	18.85	6.44	362.14	105.48	11245.7	16330.08
1+160.00	9.91	5	287.61	114.34	11533.31	16444.42
1+180.00	7.89	8.6	178.05	136.02	11711.36	16580.44
1+190.00	5.6	7.54	65.64	83.54	11777	16663.98
1+200.00	9.86	5.28	76.14	65.42	11853.14	16729.4
1+220.00	16.87	0.57	267.23	58.54	12120.37	16787.94
1+240.00	20.15	0	370.2	5.7	12490.57	16793.64
1+260.00	8.54	3.36	281.39	34.2	12771.95	16827.83
1+280.00	18.71	0.88	256.79	44.68	13028.75	16872.51
1+300.00	3.13	7.01	218.44	78.93	13247.19	16951.45
1+310.00	0	0	12.6	41.46	13259.79	16992.91
1+320.00	6.23	2.22	30.74	11.26	13290.53	17004.17
1+340.00	12.39	1	186.24	32.28	13476.77	17036.45
1+360.00	3	7.44	153.86	84.44	13630.63	17120.89
1+380.00	1.02	14.98	40.14	224.24	13670.77	17345.13

1+400.00	0	30.38	9.22	476.66	13679.99	17821.79
1+420.00	0	34.98	0	660.49	13679.99	18482.28
1+440.00	0	28.2	0	631.74	13679.99	19114.01
1+460.00	0	31.24	0	594.36	13679.99	19708.37
1+480.00	0	28.1	0	593.36	13679.99	20301.73
1+500.00	0	39.82	0	679.23	13679.99	20980.96
1+520.00	0	42.1	0	819.24	13679.99	21800.2
1+530.00	0	37.45	0	393.38	13679.99	22193.58
1+540.00	0	34.21	0	352.66	13679.99	22546.24
1+560.00	0	51.78	0	859.16	13679.99	23405.4
1+580.00	0	34.49	0	862.75	13679.99	24268.15
1+600.00	0	25.28	0	597.74	13679.99	24865.89
1+620.00	0	13.8	0	390.78	13679.99	25256.67
1+640.00	4.24	0	42.72	137.67	13722.7	25394.34
1+660.00	18.19	0	226.07	0	13948.77	25394.34
1+680.00	24.48	0	426.63	0	14375.4	25394.34
1+700.00	33.37	0	578.51	0	14953.92	25394.34
1+720.00	40.2	0	735.79	0	15689.71	25394.34
1+730.00	41.89	0	412.02	0	16101.72	25394.34
1+740.00	43.46	0	427.13	0	16528.86	25394.34
1+760.00	58.87	0	1023.3	0	17552.16	25394.34
1+780.00	75.4	0	1342.72	0	18894.87	25394.34
1+800.00	86.93	0	1623.28	0	20518.15	25394.34
1+820.00	93.25	0	1801.8	0	22319.95	25394.34
1+840.00	96.14	0	1893.88	0	24213.83	25394.34
1+860.00	82.34	0	1784.78	0	25998.62	25394.34
1+880.00	64.4	0	1467.45	0	27466.06	25394.34
1+900.00	40.55	0	1049.55	0	28515.61	25394.34
1+920.00	55.6	0	961.53	0	29477.14	25394.34
1+940.00	74.19	0	1299.12	0	30776.26	25394.34
1+950.00	61.3	0	683.33	0	31459.59	25394.34
1+960.00	47.03	0	545.69	0	32005.28	25394.34
1+980.00	12.5	0	595.3	0	32600.57	25394.34
2+000.00	0	18.8	125.04	187.98	32725.61	25582.32
2+020.00	0	52.6	0	713.94	32725.61	26296.27
2+030.00	0	74.13	0	629.63	32725.61	26925.9
2+040.00	0	92.67	0	833.27	32725.61	27759.17
2+060.00	0	106.6	0	1992.67	32725.61	29751.85
2+080.00	0	120.54	0	2271.44	32725.61	32023.29
2+090.00	0	127.87	0	1240.17	32725.61	33263.46
2+100.00	0	140.12	0	1332.75	32725.61	34596.21
2+120.00	0	164.12	0	3042.41	32725.61	37638.63
2+140.00	0	180.94	0	3450.56	32725.61	41089.18
2+160.00	0	181.12	0	3620.54	32725.61	44709.73
2+180.00	0	188.62	0	3697.35	32725.61	48407.07
2+200.00	0	199.61	0	3882.3	32725.61	52289.37
2+220.00	0	232.03	0	4316.48	32725.61	56605.84
2+240.00	0	210.26	0	4422.9	32725.61	61028.75
2+260.00	0	200.88	0	4111.31	32725.61	65140.06
2+270.00	0	181.55	0	1912.14	32725.61	67052.2

2+280.00	0	159.69	0	1708.11	32725.61	68760.31
2+300.00	0	127.26	0	2869.5	32725.61	71629.81
2+320.00	0	105.29	0	2325.49	32725.61	73955.3
2+340.00	0	87.56	0	1928.46	32725.61	75883.76
2+360.00	0	76.03	0	1635.7	32725.61	77519.46
2+380.00	0	56.99	0	1330.21	32725.61	78849.67
2+400.00	0	35.59	0	925.85	32725.61	79775.52
2+420.00	0	19.73	0	553.22	32725.61	80328.75
2+440.00	0	6.83	0	265.6	32725.61	80594.34
2+460.00	6.79	0	67.95	68.31	32793.56	80662.65
2+480.00	24.45	0	312.41	0	33105.97	80662.65
2+500.00	46.69	0	711.33	0	33817.3	80662.65
2+520.00	50.2	0	968.85	0	34786.15	80662.65
2+540.00	0	0	501.98	0	35288.14	80662.65
2+546.96	0	0	0	0	35288.14	80662.65

Nota. Se detalla un resumen de corte y relleno del proyecto realizado. Elaborado por: Los autores.

Para el material de la excavación sobrante del proyecto se considerará un valor del 20% de esponjamiento, el mismo que será desalojado en la escombrera el Troje, ubicado en el sur de Quito, en la avenida Simón Bolívar.

CAPÍTULO VII

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

7.1 Estudio geotécnico

El estudio del suelo es primordial antes de empezar con un proyecto vial, puesto a que determinaremos la calidad de la subrasante, el tipo y sus características para el diseño estructural de pavimento flexible. Este estudio es netamente de campo para la extracción de muestras.

7.2 Exploración y muestreo

Un análisis de las características de las propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto se lo realiza mediante un trabajo in situ, ubicando estratégicamente en los sitios donde se realizarán las tomas de muestras para su análisis.

“Las muestras alteradas son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que no se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestra se envasan y transportan en forma adecuada” (RODRÍGUEZ, pág. 1). Al ser una muestra alterada el método de extracción y transporte no conlleva un cuidado especial.

El muestreo se lo realiza mediante la excavación del suelo a una profundidad de 1 a 1.5 m debido a que los primeros 50cm son de capa vegetal. Estas excavaciones deben realizarse en lugares donde no afecte el tránsito vehicular en el caso de que la vía esté operativa.

7.3 Estudio de la subrasante

La subrasante es la capa que servirá de base para toda la estructura del pavimento por lo que se debe realizar un estudio, para obtener sus propiedades mecánicas para un correcto diseño.

Para la evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario verificar la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las variaciones de volumen por hinchamiento y retracción (Fonseca, 2001, pág. 9). Es decir que de esta capa dependerán las demás capas y su tiempo de duración.

7.4 Estudios de laboratorio

Los estudios para la determinación de las propiedades mecánicas del suelo se lo realizan únicamente en un Laboratorio de Mecánica de Suelo, puesto que son estudios en base a normativas para la obtención de resultados correctos.

El estudio de suelos de la vía Agustín Albán Borja fue otorgado por medio de la Administración Zonal Quitumbe.

7.4.1 Tipos de ensayos

Para la obtención de resultados acerca de las propiedades mecánicas se aplicará varios ensayos, cada uno cumpliendo su normativa vigente. En la Tabla 31 se detalla el tipo de ensayo y la normativa que lo rige.

Tabla 31*Ensayos de Mecánica de suelos.*

ENSAYO	NORMATIVA
Método de ensayo Normalizado para determinar el contenido de agua en suelos y rocas con respecto a su masa.	ASTM D 2216 (2010)
Método de ensayo normalizado para el análisis del tamaño de partículas de suelo	ASTM D 422 (2007)
Método de ensayo normalizado para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos.	ASTM D 4318 (2010)
Práctica normalizada para la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)	ASTM D 2487 (2011)
Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio.	ASTM D 1883 (2016)

Nota. Se indica las normas que controlan los distintos ensayos de mecánica de suelos. Fuente:

Municipio de Quito, Unidad de Obras Públicas.

7.5 Contenido de Humedad

Se definió el contenido de humedad del suelo en porcentaje, relacionando el peso del agua con respecto al peso del suelo en estado seco, y podemos obtenerlo aplicando la ecuación 17 que se detalla a continuación según normativa.

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (17)$$

Donde:

Ww: Peso del agua

Ws: Peso del suelo en estado seco

w: Contenido de humedad

7.6 Granulometría

Con el ensayo de granulometría podemos determinar el tamaño de partículas en la muestra tomada mediante el proceso de tamizado, todo el procedimiento de este ensayo está

regido a la norma ASTM D 422. El equipo utilizado son tamices graduados y ordenados de manera descendente con la finalidad de retener una cantidad de material de acuerdo con el tamaño del tamiz y de la muestra.

El tamaño de los tamices utilizados para el ensayo de granulometría según la normativa vigente ASTM D422 son lo que se detalla en la Tabla 32.

Tabla 32

Medida tamices ASTM D422.

TAMICES ASTM D422	
TAMAÑO (IN)	TAMAÑO (MM)
3	76.10
2 ½	64.00
2	50.80
1 ½	37.50
1	25.40
¾	19.00
½	12.50
3/8	9.50
#4	4.75
#10	2.00
#40	0.425
#200	0.075

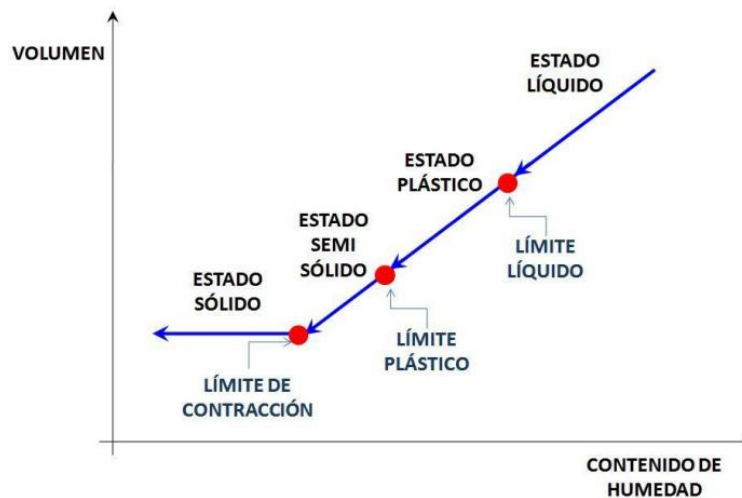
Nota. Se indica las dimensiones de los tamices para el ensayo de granulometría. Fuente: ASTM 422.

7.6.1 Límites de Atterberg

Los ensayos para el cálculo de los límites de Atterberg están normados, detallando su procedimiento y manipulación de la muestra a ensayar diferenciando los límites que presenta el suelo con contenido de agua. Existen 3 límites de Atterberg detallados en la Figura 10.

Figura 10

Límites de Atterberg.



Nota. Se indica los tres límites de Atterberg, según su estado. Fuente: INACAP.

7.6.1.1 Límite líquido

El método de obtención del límite líquido es estandarizado mediante un instrumento denominado Casagrande, y es cuando la muestra está entre estado líquido y plástico.

7.6.1.2 Límite plástico

Es un ensayo normado cuya muestra debe ser manipulado manualmente en una superficie lisa para la formación de cilindros de aproximado 3 mm.

7.6.1.3 Límite de contracción

Se presenta cuando existe un desequilibrio de la pérdida de volumen y su humedad, es decir para de estado semisólido a estado sólido.

7.6.1.4 Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es un valor porcentual que se obtiene una vez conocidos los valores de los límites líquido y plástico y se lo determina con la ecuación 18.

$$IP = LL - LP \quad (18)$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad (%)

LL: Límite líquido (%)

LP: Límite plástico (%)

7.6.1.5 Índice de grupo

La calidad del suelo se lo mide mediante el índice de grupo, el cual depende de los límites de Atterberg y comúnmente se lo aplica para la clasificación AASHTO, y se lo obtiene mediante la siguiente ecuación 19.

$$IG = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10) \quad (19)$$

Donde:

F₂₀₀: % que pasa por el tamiz N 200 expresado como numero entero

LL: Límite líquido

IP: Índice de plasticidad

Para el caso de suelos A-2-6 y A-2-7, el índice de grupo se lo obtendrá con la ecuación 20.

$$IG = 0.01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10) \quad (20)$$

Y en el caso de que el resultado del índice de grupo sea un número negativo, se debe colocar un valor de 0.

7.7 Clasificación de suelos

Con los resultados obtenidos mediante la realización de los ensayos anteriormente mencionados se puede llegar a una clasificación del tipo de suelo, para lo cual es recomendable

dos tipos de clasificación, el método determinado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y por el método American Association of State Highway Officials (AASHTO).

7.7.1 Método de clasificación SUCS

Es un método muy utilizado para la clasificación de suelos, fue propuesto por Casagrande donde al tipo de suelo lo determina con dos letras, la primera letra detalla en componente de la tierra y la segunda letra se lo define en base a la curva granulométrica. En este método denomina los suelos mediante símbolos que se detallan en la Tabla 33.

Tabla 33

Simbología clasificación SUCS.

Nomenclatura SUCS	
Suelo	Símbolo
Arena	S
Grava	G
Arcilla	C
Limo	M
Suelo orgánico	O
Turba	P

Nota. Se refleja la nomenclatura de los suelos según la clasificación SUCS. Fuente: Geotecnia I, Lorenzo Borselli.

Para identificar un tipo de suelo según la metodología SUCS se debe tener en cuenta la estructura del nombre, el cual se detalla en la Tabla 34.

Tabla 34

Simbología SUCS.

El sistema Unificado de clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos						
Símbolo	G	S	M	C	O	Pt
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limo o arcillas orgánicas	Turba y suelos altamente orgánicos
PRIMERA LETRA						

H	L	W	P
Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

SEGUNDA LETRA

Nota. La siguiente tabla muestra la estructura para clasificar un suelo por la metodología SUCS.

Fuente: Geotecnia I, Lorenzo Borselli.

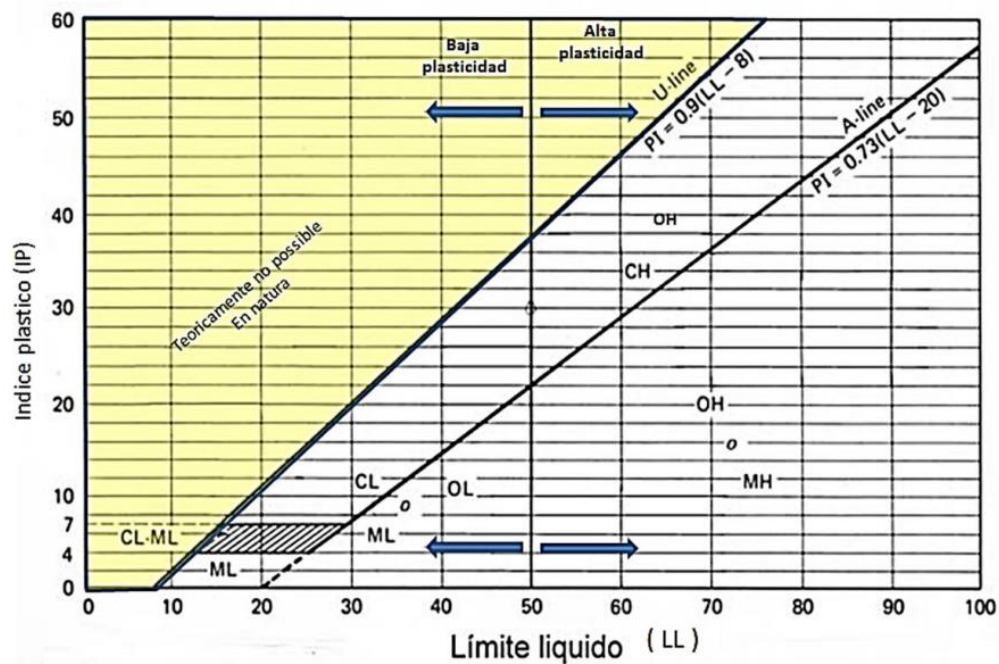
Para empezar la clasificación del suelo por esta metodología es recomendable seguir las siguientes reglas.

- Regla 1: Si menor de 50% del suelo pasa la malla N 200 (0.075mm), el suelo es de grano grueso y la primera letra será G o S. (Borselli, 2022).
- Regla 2: Si más del 50% pasa por la malla N 200 (0.075mm), el suelo es de grano fino y la primera letra será M o C. (Borselli, 2022)

Para el caso de suelos finos, se puede utilizar la carta de Casagrande detallada en la Figura 11 que depende del límite líquido e índice de plasticidad.

Figura 11

Carta de Casagrande.



Nota. Se muestra la carta de Casagrande para la clasificación de suelos finos por metodología SUCS. Fuente: Geotecnia I, Lorenzo Borselli.

Para el caso de que más del 50% de la muestra tamizada sea retenida en el tamiz N 200 se trataría de un suelo grueso y se debe obtener los coeficientes de uniformidad mediante la ecuación 22 y el coeficiente de curvatura con ecuación 21.

- Coeficiente de curvatura.

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}} \quad (21)$$

- Coeficiente de uniformidad.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (22)$$

7.7.2 Método clasificación AASHTO

La metodología AASHTO es un método utilizado especialmente en el ámbito vial, determinando la calidad y tipo de suelo de la subrasante, para ellos se ha definido 5 tipos de suelos detallado en la Tabla 35.

Tabla 35

Simbología clasificación AASHTO.

Método AASHTO	
Suelo	Símbolo
Fragmentos pétreos de gravas y arenas	A-1
Gravas y arenas, limosas y arcillosas	A-2
Arena fina	A-3
Suelos limosos	A-4, A-5
Suelos arcillosos	A-6, A-7

Nota. Se refleja la simbología utilizada para nombrar el tipo de suelo según la AASHTO.

Fuente: GIG, clasificación de suelos mediante sistema AASHTO.

Para la determinación del tipo de suelo por medio de esta metodología, es necesario realizar el ensayo de granulometría y conocer los límites de Atterberg, puesto que en la clasificación intervienen estos ensayos para poder clasificar con esta metodología, en la Tabla 36 se detalla los parámetros que intervienen para la clasificación de suelo con la metodología AASHTO.

Tabla 36

Clasificación método AASHTO.

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcilloso					
Grupos	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
%pasante												
#10	50% máx											
#40	30% máx	50% máx					51% mín					
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx	10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	N.P	40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	41 máx
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% máx	11% máx		10% máx	10% máx	11% máx	11% máx	11% máx
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Nota. Se muestra los tipos de suelo según la metodología AASHTO en base a ensayos previos. Fuente: (GIG, clasificación de suelos mediante sistema AASHTO)

7.7.3 Californian Bearing Ratio (CBR)

La capacidad del suelo deber ser obtenido mediante ensayos de laboratorio. El ensayo CBR es importante debido al parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente frente a la subrasante, subbase y base en el diseño de pavimentos. Es denominado un ensayo empírico que se realiza mediante condiciones controladas de humedad y densidad (Navarro, 2015). Siendo un ensayo normado para determinar la capacidad cortante del suelo.

Para determinar la calidad del suelo mediante el ensayo Californian Bearing Ratio (CBR) nos guiaremos en la Tabla 37.

Tabla 37

Clasificación de suelos CBR.

CBR	DESCRPICIÓN
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Nota. Se muestra la calificación del suelo según el valor de CBR obtenido. Fuente: ASTM D 1883.

Para el presente proyecto se desarrolló todos los ensayos de mecánicas de suelos necesarios siguiendo los procedimientos detallados en cada norma, obteniendo todos los datos como tipos de suelo y los valores de CBR para proceder con el diseño estructural del pavimento flexible. Estos resultados se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38

Resumen de estudios de suelos.

ABSCIS A	PROFUNDID AD (m)	HUMED AD (%)	GRANULOMET RÍA (% QUE PASA)				LÍMITE LÍQUID O (%)	LÍMITE PLÁSTI CO (%)	LÍMITE DE PLASTICID AD (%)	ÍNDIC E DE GRUP O	CLASI F. SUCS	CLASI F. AASHT O	DESCRIPCI ÓN DEL SUELO
			4	16	40	200							
CBR 1													
	0.6	28	99	97	79	50	29	21	8	1	SC	A-4	Arena arcillosa
0+045	1,00/1,50	36	100	99	93	66	42	29	13		ML	A-7-6	Limo arenoso de baja compresibilid ad
CBR 2													
	0.6	17	99	97	80	46	NP	NP	NP	-	SM	A-4	Arena limosa
0+400	1,00/1,50	33	100	97	88	61	33	20	13	6	CL	A-6	Arcilla arenosa de baja compresibilid ad

Nota. Se indica el resumen de resultados de los ensayos de mecánica de suelos. Fuente: (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Obras

Públicas, Estudio de suelos).

En la Tabla 38 se especifica el tipo de suelos que encontramos a lo largo de la carretera los cuales son: Arena arcillosa, limo arenoso de baja compresibilidad, arena limosa y arcilla arenosa de baja compresibilidad.

De manera siguiente para la obtención del CBR de diseño se estipula un procedimiento para la obtención del percentil 85 obtenido con la ecuación 23.

$$CBR_{85} = CBR_{85} + \frac{P_{CBR85} - P_{CBR66.6}}{P_{CBR100} - P_{CBR85}} (CBR_{100} - CBR_{66.6}) \quad (23)$$

Mediante el uso de la ecuación 23 se obtuvo los siguientes resultados que se detalla en la Tabla 39.

Tabla 39

Resumen percentil 85.

CÁLCULO DE PERCENTIL 85						
CALICATA	ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCENTIL 85
C1	0+045	1	18.00	18.00	50.0	9.04
C2	0+400	2	5.20	5.20	100.0	

Nota. Se indica el resumen de resultados del cálculo de CBR percentil 85. Fuente: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Obras Públicas, Estudio de suelos.

El valor del percentil 85 será tomado como el valor de CBR de diseño dándonos un valor de 9.04% que se presenta en la Tabla 39, obteniendo una subrasante regular según la clasificación de la norma ASTM D 1883 y explicado en la Tabla 37, dato que será utilizado en el diseño estructural.

7.8 Diseño de pavimento

El diseño de pavimento es importante en el desarrollo de un proyecto vial, por lo que los moradores de la vía Agustín Albán Borja necesitan transportarse de una forma más segura. Tomando en cuenta el TPDA y la clasificación funcional de vías, se puede obtener el número de carriles y el tipo de superficie de rodadura a utilizar según la Tabla 40.

Tabla 40

Clasificación funcional.

TPDA	>20000		20000 - 10000		10000 - 3000		3000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
Clasificación Funcional	C	S	C	S	C	S	C	S
AR - Autopista Regionales	6 - 8	Pav.	4-6	Pav.				
TS - Troncales Suburbanas	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales Rurales	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras Suburbanas			2-4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR- Colectores Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Nota. Se indica la clasificación funcional según el TPDA. Fuente: Manual centroamericano

para el diseño de pavimentos.

De acuerdo con los datos obtenidos del TPDA y según la clasificación funcional se puede determinar que la vía es colector rural, por ende, su diseño debe contar con 2 carriles y su superficie de rodadura debe ser pavimentada según la Tabla 40, el tipo de pavimento utilizado será un pavimento flexible.

La estructura de diseño del pavimento se considera como la unión de varias capas con diferentes materiales, su característica principal es que cada material tiene su propio módulo de elasticidad. El tipo de material para los tipos de capas son seleccionadas de acuerdo al orden en que se encuentren, mientras la capa esté más próxima a la superficie se necesitará un material más resistente.

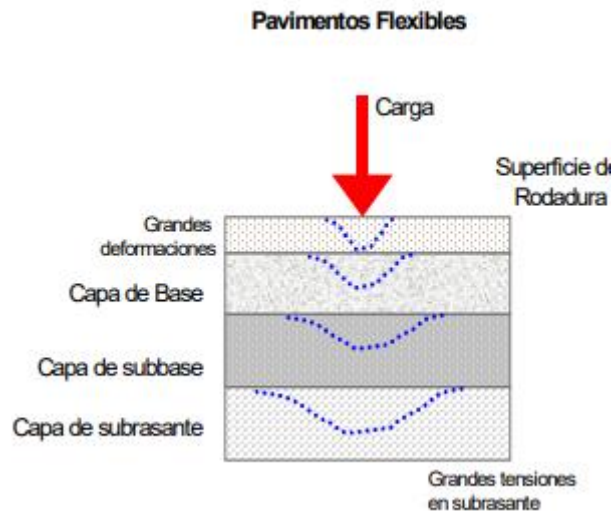
7.9 Pavimento flexible

El pavimento flexible es la unión de material de mejoramiento, subbase, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible se lo diferencia por el tipo de material utilizado en las capas

conformadas por material granular compactado, estas capas están diseñadas para soportar varios tipos de cargas que pasaran por la vía, a continuación, se presenta un esquema donde se puede apreciar cómo afecta la carga a las diferentes capas como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Cargas sobre el pavimento.



Nota. Se muestra el efecto de carga que produce a las capas del pavimento. Fuente: (Iturbide, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

7.9.1 Elementos de pavimento flexible

7.9.1.1 Mejoramiento o subrasante

Es la capa del terreno que tiene como trabajo soportar la estructura del pavimento, la característica del mejoramiento es que por ningún motivo le puede llegar una carga que soportan la carretera. En la capa de terreno de una carretera se soporta la estructura del pavimento que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que se calculó de acuerdo con el tránsito promedio, esta capa se puede encontrar en corte y relleno (Iturbide, 2002, pág. 94). Siendo la capa guía que soportara las cargas de tráfico, asegurando su resistencia.

7.9.1.2 Subbase

Es una parte de la estructura de pavimento que sirve para soportar y distribuir uniformemente sobre ella las cargas que se aplican en la capa de rodadura, también ayuda a controlar los cambios de elasticidad como de volumen que afectarían al pavimento flexible.

También se utiliza como un sistema de drenaje para controlar la capilaridad del agua mediante el uso de materiales granulares (Iturbide, 2002, pág. 95). Los materiales granulares utilizados pueden ser de bajo rendimiento.

7.9.1.3 Base

Es la capa de la estructura del pavimento que se caracteriza por transmitir y repartir las cargas que provoca el tránsito hacia nuestra capa de Subbase, principalmente esta capa se construye una base granular que se conforma por piedra triturada mezclada con material de relleno que sea de buena calidad o se combina grava con arena y suelo.

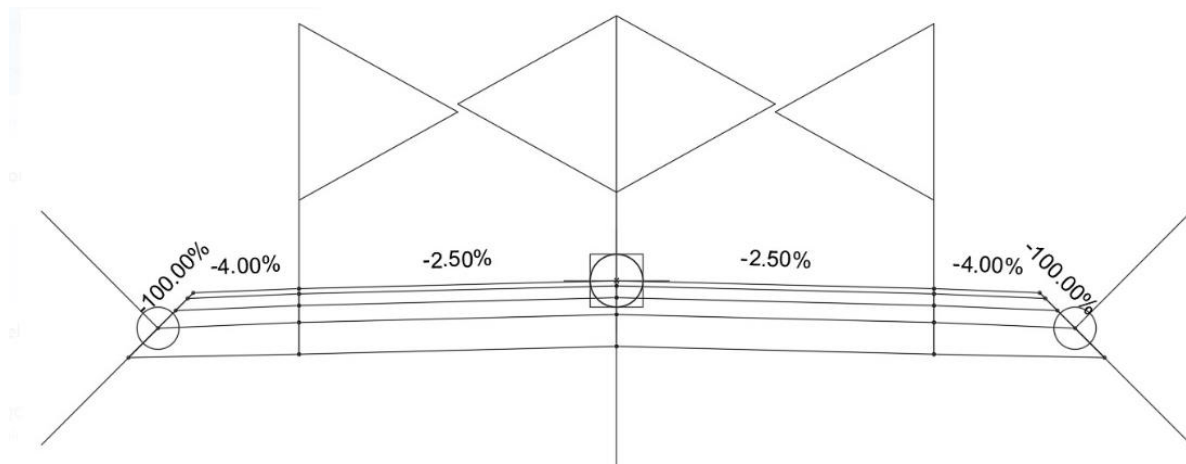
7.9.1.4 Capa de rodadura

Es la capa superficial la cual estará en contacto con los vehículos, cumpliendo con requerimientos superficiales y estructurales asegurando durabilidad y eficiencia a los usuarios evitando formaciones de grietas. Esta capa estará formada por materiales que deben ser ensayados bajo normativa para el cumplimiento de requerimientos.

La estructura del pavimento se conforma por varias capas, cada una de ella diseñada para cumplir su función específica, esta estructura se detalla en la Figura 13.

Figura 13

Estructura de pavimento flexible.



Nota. Se indica las distintas capas que conforman el pavimento flexible. Elaborado por: Los autores.

7.10 Método AASHTO 93

Para el diseño estructural de pavimento flexible del presente proyecto nos guiaremos en la normativa American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93), de tal forma lograr un diseño resistente que cumpla con todos los requerimientos asegurando su vida útil.

7.10.1 Número estructural

La determinación del número estructural es necesario para el diseño estructural de pavimento flexible por el método AASHTO 93 mediante la ecuación 24.

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \quad (24)$$

W18 = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 kips (80 kN) calculadas conforme el tránsito vehicular.

Z_r = Es el valor de Z (Área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

S_o = Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

M_r = Módulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Número Estructura

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

Para el período de diseño de nuestro proyecto se basa en la proyección del tránsito y del tiempo, con esto se puede llegar a la vida útil del pavimento que es el tiempo que pasa entre la construcción de la vía y el momento que llega al mínimo de serviciabilidad en la carretera, a continuación, en la Tabla 41 se presenta valores recomendados.

Tabla 41

Periodos de diseño.

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 -40 años
Troncales suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Nota. Se da a entender el periodo de diseño dependiendo del tipo de carretera. Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.

Para el presente proyecto se utilizó un periodo de diseño de 10 y 20 años.

7.10.2 Serviciabilidad

La serviciabilidad en la estructura del pavimento es aquella capacidad que tiene la vía para servir al tránsito diseñado dando valores entre 0 – 5, siendo 0 una mala condición vial, y 5 una condición perfecta. Para el diseño de pavimento flexible debemos tener dos tipos de serviciabilidad inicial y final.

Serviciabilidad inicial.

- $P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos
- $P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final

- $P_t = 2.5$ Para caminos principales
- $P_t = 2.0$ Para caminos de tránsito menor

7.10.3 Confiabilidad

La confiabilidad (R o Z_r) está dada en porcentaje y es el grado de seguridad con el que vamos a contar para nuestra carretera, el objetivo que tiene es que la carretera llegue al final del tiempo diseñado en buenas condiciones como detalla la Tabla 42.

Tabla 42

Factor Z_r .

CONFIABILIDAD %	Z_r
90	-1.282
95	-1.645
98	-2.054

Nota. Se muestra los valores de Z_r dependiendo del porcentaje de confiabilidad. Fuente: (Iturbide, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002)

El factor de confiabilidad utilizado es del 90% fue elegido por el grado de seguridad que se dio a la carretera en la Tabla 42 se especifica los valores tomados.

7.10.4 Desviación estándar

Tabla 43

Factor So.

So	
Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.35 – 0.40
En sobre-capas	0.50

Nota. Se indica los valores de So utilizado para pavimento flexible. Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos

Para el proyecto se trabajó para un pavimento tipo flexible para lo cual la desviación estándar So es de 0.4 - 0.5 como especifica la Tabla 43.

Una vez obtenido los datos necesarios, se detalla en la Tabla 44 y se procederá a la obtención del valor del número estructural mediante el programa AASHTO 93.

Tabla 44

Resumen de datos para diseño estructural.

Resumen de datos		
Periodo de diseño	10 año	20 años
TPDA	91	101
Confiabilidad 90%	$Z_r = -1.282$	
Serviciabilidad $P_o=4.2$, $P_t=2$		

Nota. Se refleja el resumen de valores tomados para el diseño de pavimento flexible. Elaborado por: Los autores.

7.10.5 Subrasante

Para el diseño de la subrasante es necesario conocer la calidad de la misma, para ello se realizó el ensayo de laboratorio Californian Bearing Ratio (CBR), que arrojó como resultado un valor de 9.02%.

$$CBR = 9.02\%$$

7.10.6 Módulo Resiliente subrasante

Para la obtención del Módulo Resiliente se basará en las ecuaciones 25, 26 y 27 para el método AASHTO 93, dependiendo del valor de CBR.

- $CBR < 7.2\%$

$$Mr = 1500 * CBR \quad (25)$$

- $CBR > 7.2\%$ y $CBR < 20\%$

$$Mr = 3000 * CBR^{0.65} \quad (26)$$

- $CBR > 20\%$

$$Mr = 436 * \ln CBR + 241 \quad (27)$$

Debido a que nuestro valor de CBR es de 9.02% se encontró en el segundo y se debe utilizar la ecuación (26) para la obtención del módulo resiliente.

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

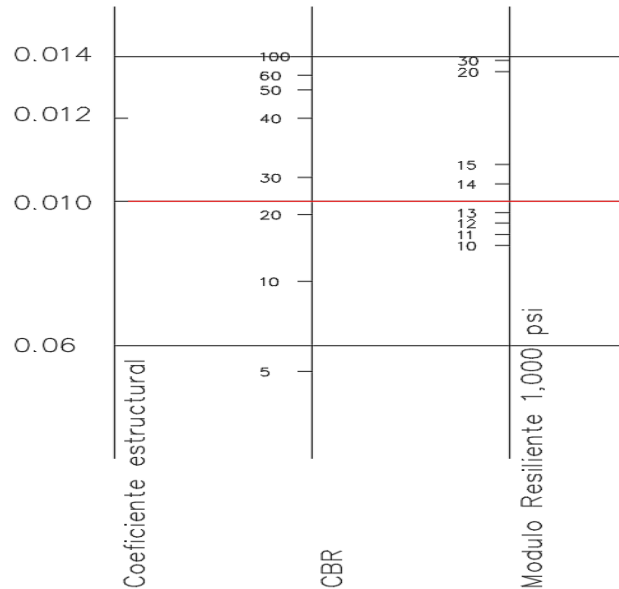
$$Mr = 3000 * 9.02^{0.65}$$

$$Mr = 12513.503 \text{ psi}$$

7.10.6.1 Módulo resiliente y coeficiente estructural capa de mejoramiento

Figura 14

Ábaco Material de mejoramiento.



Nota. Se indica el valor de coeficiente estructural para una capa de mejoramiento. Fuente: AASHTO 93

Donde

a: Coeficiente estructural

Para la capa de mejoramiento es utilizado un valor de CBR = 25% para obtener el Módulo resiliente y el coeficiente estructural, tomado en la Figura 14 obteniendo lo siguiente.

$$Mr = 13500 \text{ psi}$$

$$a = 0.1$$

El material de mejoramiento depende del porcentaje de CBR obtenido para una capa de mejoramiento.

“La parte del material que pase el tamiz N.º 40 (0.425 mm) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%, tal como se determina en el ensayo AASHO-T-91. Material de

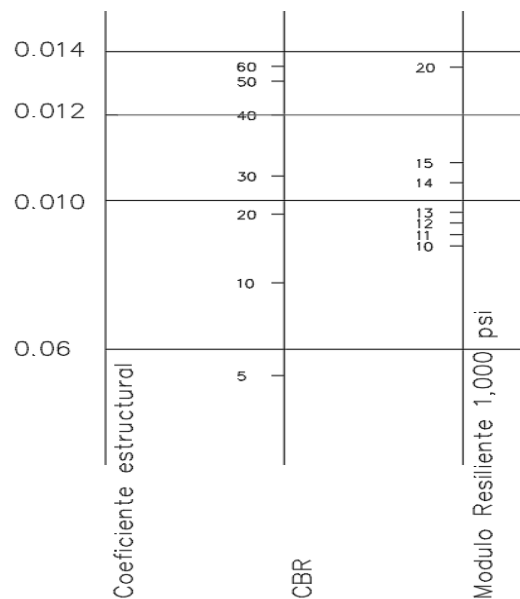
tamaño mayor al máximo especificado, si se presenta, deberá ser retirado antes de que se incorpore al material en la obra” (MOP001F, 2002, págs. IV-16) .

Es por lo que para el material de mejoramiento deberá cumplir con los requerimientos especificados.

7.10.7 Módulo resiliente y coeficiente estructural subbase

Figura 15

Ábaco subbase.



Nota. Se muestra el coeficiente estructural para la subbase. Fuente: AASHTO 93

Para la capa subbase es utilizado un valor de CBR = 40% para obtener el Módulo resiliente y el coeficiente estructural, tomado en la Figura 15 obteniendo lo siguiente.

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

$$a_3 = 0.12$$

Para el material de la subbase se optó por clase tipo 1. “La subbase Clase 1 está formada por agregados gruesos provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada” (MOP001F, 2002, págs. VIII-101). Puesto a que los materiales deberán cumplir con especificaciones de granulometría asegurará su diseño como lo especifica la Tabla 45.

Tabla 45

Granulometría capa subbase.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm)	--	--	100
2" (50.4 mm)	--	100	--
1 1/2" (38.1 mm)	100	70 - 100	--
N°4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N°40 (0.425 mm)	10 - 35	15 - 40	--
N°200 (0,075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

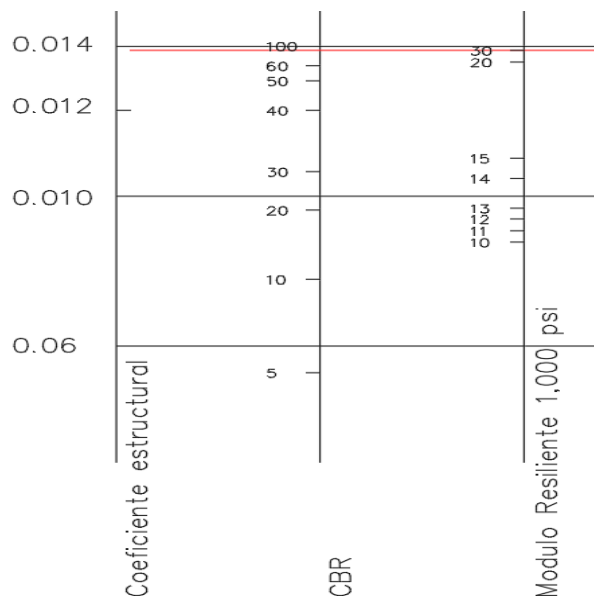
Nota. Se indica el porcentaje en peso que deberá cumplir la granulometría para la subbase.

Fuente: (MOP001F, 2002)

7.10.8 Módulo resiliente y coeficiente estructural base

Figura 16

Ábaco capa base.



Nota. Se indica el valor de coeficiente estructural para la base. Fuente: AASHTO 93

Para la capa base se utilizó un valor de CBR = 90% para obtener el Módulo resiliente y el coeficiente estructural mediante la Figura 16 dándonos lo siguiente.

$$Mr = 30000 \text{ psi}$$

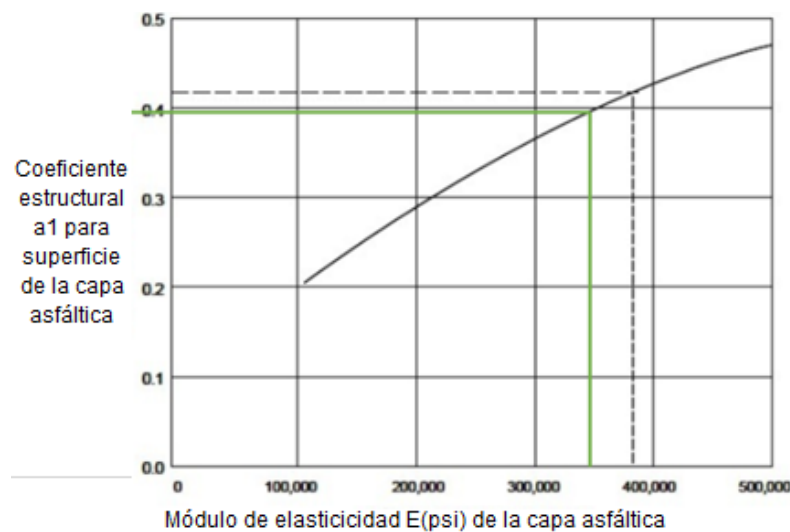
$$a_2 = 0.139$$

La capa base al tener un valor de CBR = 90% se requerirá los materiales que sean triturados de roca o grava produciendo agregado limpio libre de partículas largas y presencia de algún tipo de material orgánico. “Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría” (MOP001F, 2002, págs. VIII-94). Asegurando la calidad del material que se va a utilizar.

7.10.9 Módulo resiliente y coeficiente estructural capa asfáltica

Figura 17

Coeficiente concreto asfáltico.



Nota. Se indica el valor de coeficiente estructural para la base asfáltica. Fuente: AASHTO 93

En base a la Figura 17, se obtendrá los valores del Módulo resiliente y el coeficiente estructural de la capa asfáltica.

$$a_1 = 0.395$$

$$Mr = 350008.032 \text{ psi}$$

7.11 Coeficiente de drenaje

El coeficiente de drenaje es un factor que influye en el diseño estructural por el Método AASHTO. Este coeficiente depende de la capacidad del drenaje que se calcula dependiendo el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento y del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación (Alfonso, pág. 31). Es por lo que para el presente proyecto ubicado en la parroquia Chillogallo, se tomó una condición de drenaje buena y un porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad de 5% - 25%, obteniendo un coeficiente de drenaje de 1 para base y subbase, valores que son detallados en la Tabla 46.

Tabla 46

Coeficiente de drenaje.

Calidad de Drenaje		Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a saturación			
Condición	Tiempo evacuación	Mayor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	2 horas	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1 día	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1 semana	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Malo	1 mes	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Muy malo	No drena	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Nota. Se indica el valor de coeficiente de drenaje para el diseño estructural de pavimentos.

Fuente: AASHTO 93.

Para el presente proyecto se tomó un coeficiente de drenaje igual a 1, puesto que la condición de drenaje es buena, con un porcentaje de drenaje mayor al 25%.

7.12 Números estructurales por capas.

Mediante el programa AASHTO 93 se obtendrá los diferentes números estructurales (SN) de las distintas capas de un pavimento flexible, se determinará el número estructural con la ecuación 28.

$$\log_{10}(W18) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 - \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(Mr) - 8.07 \quad (28)$$

Donde:

W18 = Tráfico equivalente o ESAL's

Z_r = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R.

S_o = Desviación estándar

F_c = Factor Carril.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado.

Con la ayuda del programa AASHTO 93 se determinó el número estructural de las distintas capas en base a los parámetros de servicio, módulo resiliente, desviación estándar y ejes equivalentes W18, que se indican en las Figuras 18, 19, 20 y 21.

7.12.1 Subrasante

Figura 18

Número estructural Subrasante.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It is configured for a flexible pavement ('Pavimento flexible'). The reliability is set to 90% (Zr = -1.282) and the standard deviation (So) is 0.4. The initial and final serviceability indices (PSI) are 4.2 and 2.2, respectively. The resilient modulus of the subgrade (Mr) is 12513.5 psi. The analysis type is 'Calcular SN', resulting in a structural number (SN) of 1.75. The W18 value is 64825.40. Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are visible at the bottom.

Nota. Se indica el número estructural obtenido mediante el programa AASHTO 93.

$$SN = 1.75$$

7.12.2 Subbase

Figura 19

Número estructural Subbase.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It is configured for a flexible pavement ('Pavimento flexible'). The reliability is set to 90% (Zr = -1.282) and the standard deviation (So) is 0.4. The initial and final serviceability indices (PSI) are 4.2 and 2. The resilient modulus of the subbase (Mr) is 17000 psi. The analysis type is 'Calcular SN', resulting in a structural number (SN) of 1.55. The W18 value is 64825.40. Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are visible at the bottom.

Nota. Se indica el número estructural obtenido mediante el programa AASHTO 93.

$$SN3 = 1.55$$

7.12.3 Base

Figura 20

Número estructural Base.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '90 % Zr=-1.282' and 'So = 0.4'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 30000 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (C_d)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, showing 'W18 = 64825.40'. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 1.21'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Nota. Se indica el número estructural obtenido mediante el programa AASHTO 93.

$$SN2 = 1.21$$

7.12.4 Carpeta asfáltica

Figura 21

Número estructural Carpeta asfáltica.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '90 % Zr=-1.282' and 'So = 0.4'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 50008.032 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (C_d)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, showing 'W18 = 64825.40'. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 0.20'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Nota. Se indica el número estructural obtenido mediante el programa AASHTO 93.

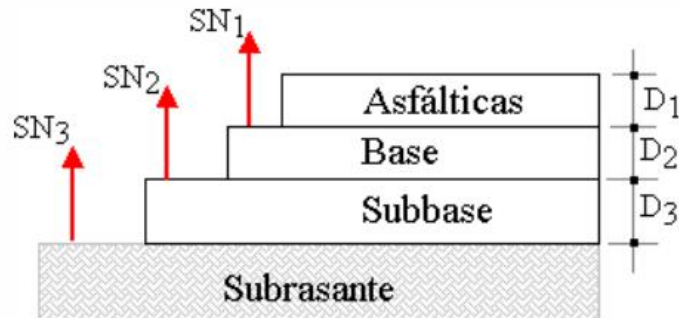
$$SN1 = 0.20$$

7.13 Cálculo de espesores de capas

La estructura del pavimento flexible del presente proyecto se conformará por distintas capas y espesores detallados en la Figura 22.

Figura 22

Estructura pavimento flexible.



Nota. Se indica las capas de la estructura. Fuente: Materia Diseño estructural de carreteras, P61.

Una vez obtenidos los números estructurales con ayuda del programa AASHTO 93, se procederá al diseño de espesores de las capas que conforman el pavimento mediante las ecuaciones 29, 30, 31, 32, 33 y 34 detalladas a continuación.

- Carpeta asfáltica

Espesor

$$D1 \geq \frac{SN1}{a1} \quad (29)$$

Numero estructural

$$SN1 = a1 \times D1 \quad (30)$$

- Base

Espesor

$$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{a2 \times m2} \quad (31)$$

Numero estructural

$$SN2 = a2 \times m2 \times D2 \quad (32)$$

- Subbase

Espesor

$$D3 \geq \frac{SN3 - (SN2 + SN1)}{a3 \times m3} \quad (33)$$

Numero estructural

$$SN3 = a3 \times m3 \times D3 \quad (34)$$

Cálculo D1

$$D1 \geq \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 \geq \frac{0.2}{0.395}$$

$$D1 \geq 0.5$$

Calculo D2

$$D2 \geq \frac{SN2 - SN1}{a2 \times m2}$$

$$D2 \geq \frac{1.21 - 0.2}{0.139 \times 1}$$

$$D2 \geq 7.26$$

Según las recomendaciones dada por la AASHTO de valores mínimos de carpeta asfáltica y base, se determinó que el mínimo de carpeta asfáltica es 2 pulgadas y base granular 7.26 pulgadas, todo esto se obtuvo de acuerdo con el cálculo realizado en lo cual influye el número de eje equivalentes, a continuación, se relacionan el número estructural requerido con el número estructural de diseño en base a la ecuación 35.

- Carpeta asfáltica 2 pulgadas

$$SN1_{diseño} = a1 \times D1_{diseño} \quad (35)$$

$$SN1_{diseño} = 0.395 \times 2$$

$$SN1_{diseño} = 0.79$$

Mediante las ecuaciones 36 y 38 se verifica que se cumpla con las condiciones propuestas, siendo SN1 y SN2 valores obtenidos del programa AASHTO 93. Con la ecuación 37 Y 40 se determina el número estructural de diseño SN2 y SN3, mientras que con la ecuación 39 se determina el espesor de la subbase D3.

$$SN1_{diseño} \geq SN1_{requerido} \quad (36)$$

$$0.79 \geq 0.2 \text{ OK}$$

- Base 4 pulgadas

$$SN2_{diseño} = a2 \times m2 \times D2_{diseño} \quad (37)$$

$$SN2_{diseño} = 0.139 \times 1 \times 4$$

$$SN2_{diseño} = 0.556$$

$$SN1_{diseño} + SN2_{diseño} \geq SN2 \quad (38)$$

$$1.01 + 0.556 \geq 1.21$$

$$1.556 \geq 1.21 \text{ OK}$$

- Subbase cálculo D3

$$D3 \geq \frac{SN3 - (SN1_{diseño} + SN2_{diseño})}{a3 \times m3} \quad (39)$$

$$D3 \geq \frac{1.55 - (0.79 + 0.556)}{0.12 \times 1}$$

$$D3 \geq 1.7$$

- Subbase 6 pulgadas

$$SN3 = a3 \times m3 \times D3 \quad (40)$$

$$SN3 = 0.12 \times 1 \times 6$$

$$SN3 = 0.72$$

Una vez obtenido los números estructurales de diseño y espesores de las distintas capas, es necesario la comparación con el número estructural de la subrasante mediante la aplicación de la ecuación 41.

$$SN1_{diseño} + SN2_{diseño} + SN3_{diseño} \geq SN_{Subrasante} \quad (41)$$

$$0.79 + 0.556 + 0.72 \geq 1.75$$

$$2.066 \geq 1.75 \text{ OK}$$

Luego de realizar la comprobación mediante la ecuación 41, se puede determinar que los espesores cumplen con los requerimientos establecidos en el diseño, para ello se ha establecido un resumen de espesores de las capas que se detalla en la Tabla 47.

Tabla 47

Espesores capas pavimento flexible.

ESPESORES CAPAS PAVIMENTO FLEXIBLE		
Capa	Espesor (in)	Espesor (cm)
Mejoramiento	11	30
Subbase	6	16
Base	4	11
Carpeta asfáltica	2	5
TOTAL		62

Nota. Se indica los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible del proyecto. Elaborado por: Los autores.

7.14 Verificación programa WESLEA

El programa llamado (Waterways Experimental Station Layered Elastic Analysis) WESLEA es de origen estadounidense, es útil para el modelamiento de pavimentos flexible de hasta 5 capas máximo

Mediante la ayuda del programa WESLEA se verificará dos requerimientos que debe cumplir el pavimento diseñado que son la erosión y la fatiga, garantizando un correcto diseño. Para ello se utilizará las dimensiones de los espesores de las capas que conforman el pavimento, el número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18kip (W18), y el valor de la presión de inflado de un eje equivalente de 101psi.

Para el uso del programa WESLEA se necesitará el ingreso de algunos valores para la obtención de resultados, en la Figura 23, se ingresa la información estructural de las capas del pavimento.

Figura 23

Información estructural 1.

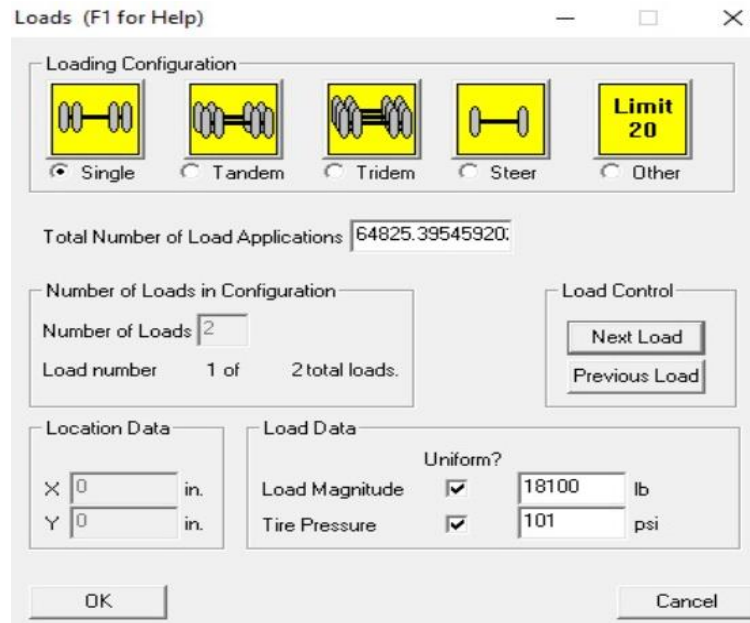
	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5
Number of Layers	5				
Material Type	AC	GB	GB	GB	Soil
Min Modulus, psi	80000	3000	3000	3000	3000
Layer Modulus, psi	350008	29997	16996.9	13498	12516.5
Max Modulus, psi	2000000	30000	30000	30000	30000
Poisson's Ratio	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45
Min - Max	0.15 - 0.4	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Thickness, in.	2	4	6	12	Infinite
Slip (0 or 1)	1	1	1	1	
1 = Full Adhesion 0 = Full Slip					
OK					Cancel

Nota. Se indica la información estructural de las diferentes capas del pavimento flexible diseñado. Fuente: WESLEA

Así mismo en la Figura 24, se debe ingresar valores de cargas aplicadas sobre la estructura del pavimento, es decir el W18.

Figura 24

Información estructural 2.

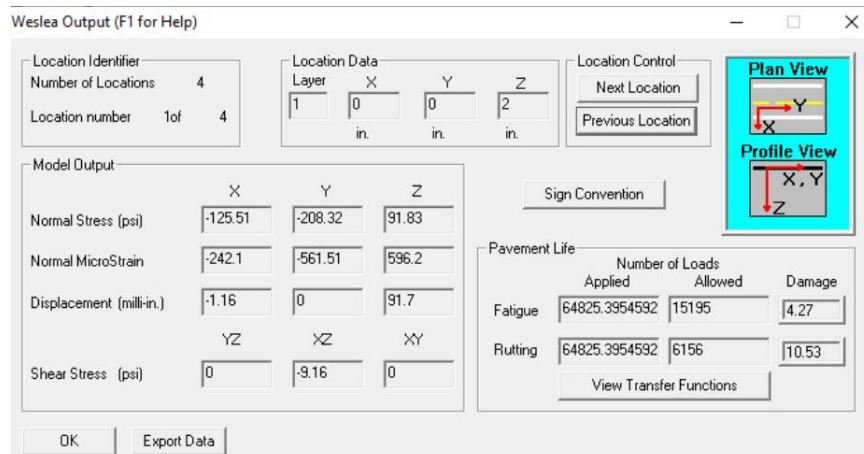


Nota. Se indica la información de las cargas actuantes sobre el pavimento. Fuente: WESLEA

Una vez ingresados la información estructural referente a las capas, y cargas que actúan en el pavimento, se procede a la verificación de deflexiones máximas, la fatiga y la erosión cuyos valores se detallan en la Figura 25.

Figura 25

Comprobación del pavimento flexible.



Nota. La siguiente figura indica los valores de fatiga y erosión para la comprobación del pavimento flexible. Fuente: WESLEA

$$\begin{array}{lll} \textit{Fatiga} = 4.27 & < 1000 & \textit{OK} \\ \textit{Erosión} = 10.53 & < 100 & \textit{OK} \end{array}$$

Una vez realizada la comprobación de fatiga y erosión del pavimento flexible, dado los valores críticos en Normal MicroStrain que está dado por la unidad a E-6 en X, Y para tensión o fatiga y Z para compresión o ahuellamiento. Se puede determinar que el diseño cumple con todos los requerimientos exigidos por la normativa.

CAPÍTULO VIII

DRENAJE VIAL

Un sistema adecuado de drenaje vial contribuye de manera directa al tiempo de duración de la estructura del pavimento, cuyo objetivo principal es desalojar el agua a estructuras de recolección evitando la creación de láminas de agua en la calzada que pueden resultar peligrosas para los conductores. En el proyecto se detallará un sistema de drenaje longitudinal y transversal.

8.1 Drenaje Longitudinal

El drenaje longitudinal se encarga de la expulsión de escorrentía superficial producida por la precipitación. Siendo la escorrentía presente en la vía, o provenientes de taludes de corte, el cual debe ser encausado en un lugar seguro evitando daños a la carretera que afecten al tránsito vehicular (Ponce, 2018). Por lo que se debe diseñar de manera correcta de tal forma garantice la evacuación de excedentes de agua que puedan afectar a los usuarios.

8.2 Drenaje Transversal

Un drenaje transversal es constituido por varias obras hidráulicas que evacuen el agua de la plataforma vial, en las cuales está el bombeo que va relacionado con el peralte de la calzada que expulsa el agua hacia las cunetas y las alcantarillas que son estructuras subterráneas que cruzan la vía sin provocar daño alguno a la vía. El objetivo del drenaje transversal es evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, provocada por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o temporal garantizando su estabilidad y permanencia (Marín Hernández Elizabeth, pág. 20). Asegurando la vida de diseño de la vía.

8.3 Estudio hidrológico

Con el análisis hidrológico se determinó las precipitaciones presentes en el área del proyecto y las escorrentías que servirán para la determinación de caudales y diseños de sistemas de drenajes.

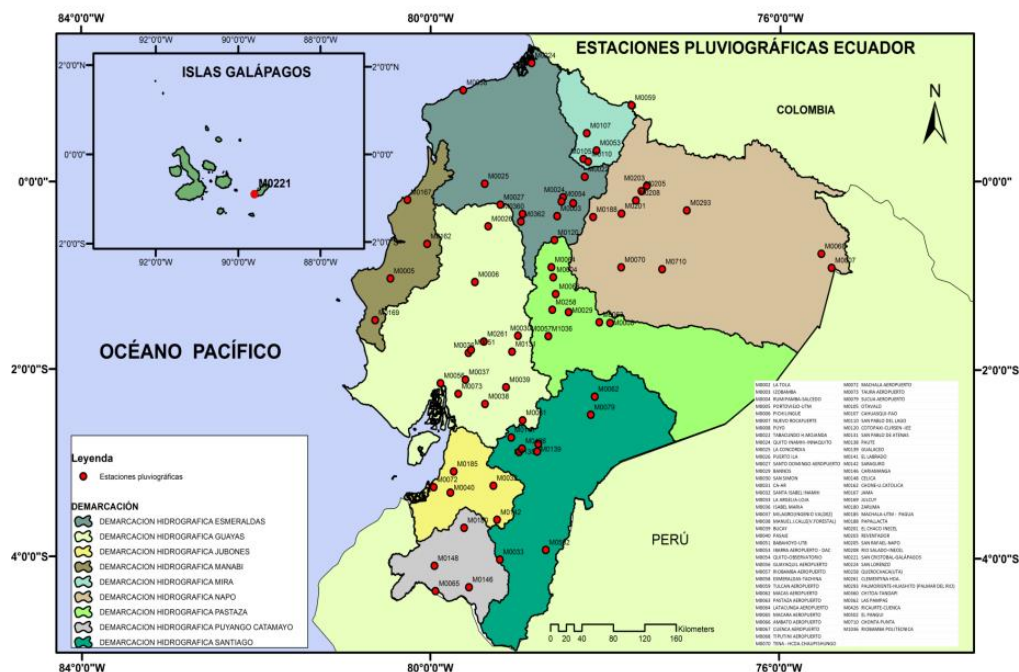
Para lo cual se necesitará el área de influencia, determinando las cuencas que aportan con un caudal de escorrentía.

8.4 Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas proporcionan datos necesarios referente a intensidades máximas de precipitaciones dentro de un área determinada. Ecuador cuenta con 72 estaciones pluviográficas distribuidas en todo su territorio, de tal forma llevar un control de precipitaciones como se indica en la Figura 26.

Figura 26

Mapa de Estaciones pluviográficas en el Ecuador.



Nota. Se refleja las distribuciones de estaciones pluviográficas en todo el territorio ecuatoriano.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 2015.

Para el presente proyecto se utilizará datos de la estación pluviográfica Izobamba, la cual está cercana al proyecto cuyas ecuaciones servirán para la obtención de intensidad de precipitación, los datos de ubicación de la estación se detallan en la tabla 48.

Tabla 48

Datos estación pluviográfica Izobamba.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)	Sere de datos	N° años	INSTITUCIÓN
M0003	IZOBAMBA	7727701.78	9959439.98	3058	1962 - 2010	45	INAMHI

Nota. Se indica la ubicación geográfica de la Estación Izobamba. Elaborado por: Los Autores.

Fuente: (INAMHI, 2015)

8.5 Diseño de obras de drenaje

8.5.1 Periodo de retorno.

El tiempo de retorno es un dato importante para el diseño de una obra hidráulica, ya que nos brinda seguridad en la vida útil de la estructura. Es el número de años que se puede presentar un evento de intensidad mayor o igual, siendo un parámetro importante para diseñar obras hidráulicas (INAMHI, 2015, pág. 8). Indicándonos la posibilidad de un evento que pueda ser igual o superior al de diseño.

El periodo de retorno para diseño dependerá del tipo de estructura a diseñarse, para el caso del presente proyecto se utilizará un periodo de retorno de 25 años.

8.5.2 Tiempo de concentración.

Es el tiempo de recorrido de una gota de agua por medio de escorrentía superficial desde el punto más alejado de la cuenca Hidrográfica de aportación al punto de salida, para ello empleamos un tiempo mínimo exigido de 10 minutos.

8.5.3 Intensidad máxima de precipitación

Para proceder con el diseño de las obras de drenaje se debe iniciar con la obtención de la intensidad máxima de precipitación, una vez ubicada la estación pluviográfica más cercana

al proyecto y con la ayuda de ecuaciones dadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que estarán en función del tiempo de concentración y periodo de retorno se obtendrá la intensidad de precipitación. Las ecuaciones establecidas por el INAMHI para el cálculo de intensidad de precipitación se presentan en la tabla 49.

Tabla 49

Ecuaciones de intensidad de precipitación.

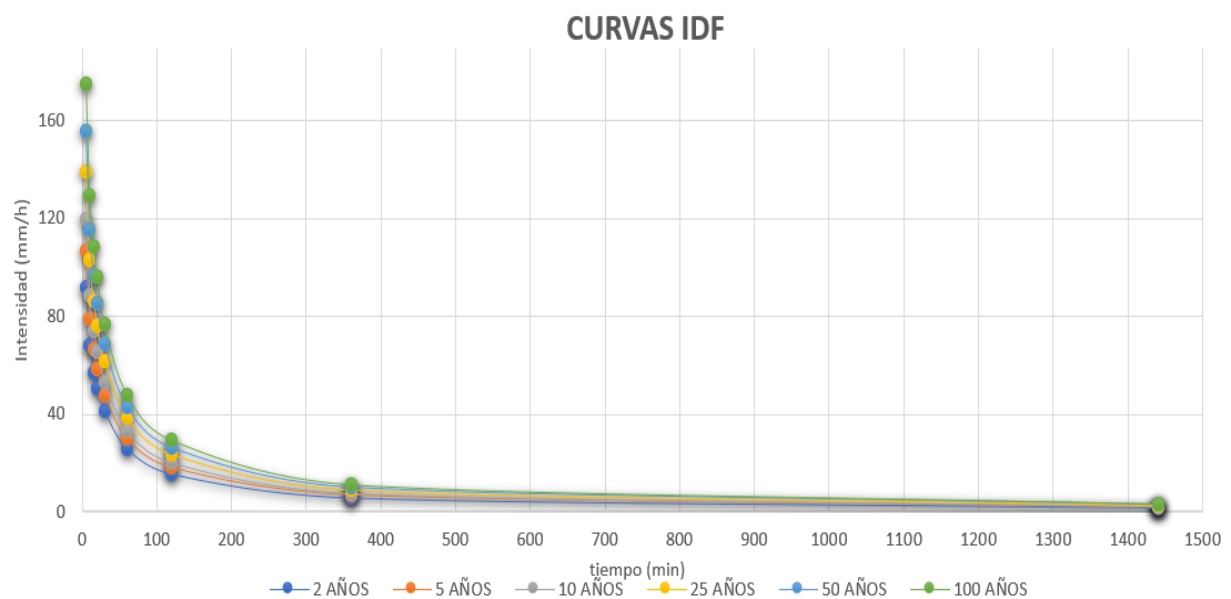
ESTACIÓN CÓDIGO	NOMBRE	INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R^2
M0003	IZOBAMBA	5 < 30	$i = 164.212 * T^{0.1650} * t^{-0.4326}$	0.9825	0.9652
		30 < 120	$i = 371.072 * T^{0.1575} * t^{-0.6771}$	0.9947	0.9895
		120 < 1440	$i = 929.503 * T^{0.1614} * t^{-0.8773}$	0.999	0.9981

Nota. Se refleja la ecuación de intensidad de la Estación pluviográfica Izobamba. Fuente:

(INAMHI, 2015)

Figura 27

Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.



Nota. Se indica las curvas IDF de la Estación pluviográfica Izobamba. Fuente: (INAMHI, 2015)

Los valores de intensidad de en base al tiempo de concentración y periodo de retorno se detalla en la Tabla 50.

Tabla 50

Intensidades de precipitaciones.

t(min)	Periodo de retorno T (Años)					
	2	5	10	25	50	100
5	91.8	106.7	119.7	139.2	156.1	175
10	68	79.1	88.7	103.1	115.6	129.7
15	57.1	66.4	74.4	86.6	97	108.8
20	50.4	58.6	65.7	76.4	85.7	96.1
30	41.4	47.8	53.3	61.6	68.7	76.6
60	25.9	29.9	33.3	38.5	43	47.9
120	15.6	18.1	20.2	23.4	26.2	29.3
360	5.9	6.9	7.7	8.9	10	11.2
1440	1.8	2	2.3	2.6	3	3.3

Nota. Se muestra los valores de intensidades máximas de precipitaciones de la Estación pluviográfica Izobamba. Fuente: (INAMHI, 2015)

Con los valores indicados referente al tiempo de concentración y periodo de retorno para la obtención de la intensidad máxima, se obtiene un valor de $i = 103.1$ mm/h, dato que será de utilidad para el cálculo de caudales en las obras de drenaje.

8.5.4 Coeficiente de escorrentía

Es un factor que depende del tipo de superficie por la cual circula el agua de escorrentía pluvial, este factor contribuirá en la obtención del caudal de diseño en las obras hidráulicas de drenaje. Según la clasificación de tierras dispuesto por el Municipio de Quito, la vía en diseño pertenece a una zona rural, por ende, se utilizarán los coeficientes de escorrentía para esta zona detalladas en la Tabla 51.

Tabla 51*Coefficiente de escorrentía C.*

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				DEPRECIABLE
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	SEMIPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	PERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	SEMIPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	PERMEABLE	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS VEGETACIÓN LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	SEMIPERMEABLE	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	PERMEABLE	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUES DENSA VEGETACIÓN	IMPERMEABLE	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Nota. Se refleja los distintos coeficientes de escorrentía según su superficie. Fuente: (MTO, 2003)

El valor asumido de coeficiente de escorrentía para el proyecto en desarrollo es de 0.50 debido a que cuenta con una pendiente alta del 20%, cobertura vegetal de pastos y vegetación ligera.

8.5.5 Caudal de diseño.

Para la determinación del caudal de diseño se debe tener en cuenta la características hidrológicas y topográficas de las cuencas formadas en toda la trayectoria vial, el caudal de diseño es directamente proporcional a: coeficiente de escorrentía, intensidad de precipitación y

al área de las cuencas formadas. En el cálculo se utilizará el método racional el cual es limitado solo para cuencas con áreas menores a 5 Km², a continuación, se presenta la ecuación 42.

$$Q = 0.278 \times C i A \quad (42)$$

Donde:

Q= Caudal máximo (m³/s)

C=Coeficiente de escorrentía

i= Intensidad de la precipitación (mm/h)

A= Área de la cuenca (km²)

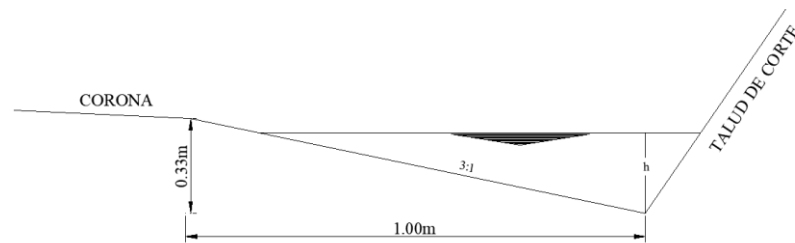
8.5.6 Diseño cunetas

Las cunetas son obras hidráulicas encargadas de evacuar la escorrentía superficial presente en la calzada. Son estructuras ubicadas en toda la longitud de la vía, encargadas de recibir caudales provenientes de sitios aledaños con el objetivo de transportar dichos caudales para evitar algún tipo de inconvenientes a los usuarios (MTO, 2003, p. 254). Tratando de evitar que se generen láminas de agua que puedan ocasionar molestia e inseguridad a los conductores.

La cuneta seleccionada para el drenaje longitudinal del proyecto es una sección triangular que es la más común por el motivo de su rápida construcción y tiene una alta capacidad hidráulica, la cual se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Sección transversal típica.



Nota. Se indica una sección típica de cunetas. Elaborado por: Los autores. Fuente: MTOP 2003

El revestimiento de las cunetas influye en la velocidad del flujo, existen varios materiales que pueden ser empleados como revestimiento, para este caso se utilizó un revestimiento de hormigón cuya velocidad máxima es de 7.5m/s, lo cual nos guiamos en la Tabla 52.

Tabla 52

Velocidades de flujo.

MATERIAL	VELOCIDAD m/s	MATERIAL	VELOCIDAD m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2
Arcilla arenosa	0.5	Grava gruesa	3.5
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3,4 - 4,5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4,5 - 7,5
Grava fina	2	Hormigón	4,5 - 7,5

Nota. Se refleja las velocidades máximas de flujo respecto al material de recubrimiento de las cunetas. Elaborado por: Los autores. Fuente: (MTOP, 2003).

8.5.6.1 Selección geométrica de cuneta.

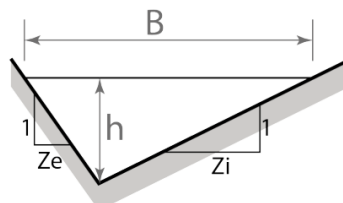
Existen múltiples secciones geométricas para la recolección de drenaje longitudinal, entre ellas están la sección triangular, siendo una de las más utilizadas en proyectos viales debido a que su construcción no es tan complicada. El diseño de este tipo de cunetas debe

cumplir con requerimientos que aseguren su tiempo de vida útil por lo que las longitudes máximas de las cunetas no deberán exceder los 200m.

El diseño de cunetas triangulares está basado en las siguientes ecuaciones para la determinación de sus características geométricas detalladas en la Figura 29.

Figura 29

Cuneta sección triangular.



Nota. Se indica las características geométricas de cunetas triangulares. Fuente: Asignatura drenaje vial y urbano UPS.

Para el diseño de capacidad hidráulica de una cuneta triangular serán obtenidas por medio de las siguientes ecuaciones detalladas en la siguiente tabla 53.

Tabla 53

Capacidad hidráulica sección rectangular.

ECUACIÓN	
Espejo de agua	$B = (Zi + Ze) * h$
Área	$A = \frac{(Zi + Ze) * h^2}{2}$
Perímetro mojado	$P = (\sqrt{1 + Zi^2} + \sqrt{1 + Ze^2}) * h$
Radio Hidráulico	$R = \frac{(Zi + Ze) * h}{2 * (\sqrt{1 + Zi^2} + \sqrt{1 + Ze^2})}$

Nota. Se refleja las ecuaciones para el diseño hidráulico de cunetas triangulares. Elaborado por:

Los autores. Fuente: Materia Drenaje vial y urbano.

Donde:

h = Altura de lámina de agua.

Z_i = Pendiente lado de la vía.

Z_e = Pendiente lado de talud.

8.5.7 Coeficiente de rugosidad

Para la determinación del caudal que podría transportar la cuneta dependerá del valor del coeficiente de rugosidad, el cual será obtenido en base a la Tabla 54. Este valor de rugosidad influye en la velocidad que pueda alcanzar el flujo de agua por la estructura hidráulica.

Tabla 54

Coeficiente de rugosidad.

	TIPO DE CANAL	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
	CANALES REVESTIDOS O SUPERFICIALES			
Hormigón	Platachado	0.011	0.013	0.015
	Alisado con regla	0.013	0.015	0.016
	Alisado con ripio a la vista en el fondo	0.015	0.017	0.020
	Sin alisar	0.014	0.017	0.020
	Gunita (Hormigón proyectado), sección regular	0.016	0.019	0.023
	Ídem, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
	Garita sobre una roca bien excavada	0.017	0.020	
	Garita sobre una roca excavada en forma irregular	0.022	0.027	

Nota. Se refleja los valores para el coeficiente de rugosidad dependiendo de su revestimiento.

Fuente: NEVI 12

En base a la Tabla 54 de coeficientes de rugosidad, en el presente proyecto se tomó un valor medio de 0.015 correspondiente a una estructura de hormigón alisado con regla.

Para la obtención del caudal de las cunetas se utilizará la ecuación 43 de Manning, que está en función del área con la ecuación 44, radio hidráulico con la ecuación 45 y la pendiente longitudinal.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (43)$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

A: Área sección (m²)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente longitudinal (m/m)

Q: Caudal (m³/s)

- Diseño cuneta derecha abs. 0+127.60 – 0+277.60

Zi: 4

Ze: 2

h: 0.20m

Área

$$A = \frac{(Zi + Ze) * h^2}{2} \quad (44)$$

$$A = \frac{(4 + 2) * 0.20^2}{2}$$

$$A = 0.12m^2$$

Radio Hidráulico.

$$R = \frac{(Z_i + Z_e) * h}{2 * (\sqrt{1 + Z_i^2} + \sqrt{1 + Z_e^2})} \quad (45)$$

$$R = \frac{(4 + 2) * 0.20}{2 * (\sqrt{1 + 4^2} + \sqrt{1 + 2^2})}$$

$$R = 0.094m$$

Caudal

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (46)$$

$$Q = \frac{1}{0.015} * 0.12 * 0.094^{\frac{2}{3}} * 0.1097^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.549 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_c = 549 \frac{l}{s}$$

Una vez obtenido el caudal de la cuneta en base a las configuraciones geométricas establecidas es importante la verificación de su capacidad hidráulica respecto al caudal de diseño, garantizando un correcto funcionamiento en su capacidad para drenar el agua de tal forma no ocasione algún tipo de inconformidad para los usuarios. Esto se verifica mediante la siguiente relación, detallado en la Tabla 55.

$$Q_{diseño} < Q_c$$

Tabla 55

Resumen Diseño de cunetas.

Diseño de cunetas para drenaje longitudinal																			
TRAMO	ABSCISADO	UBICACIÓN	So(%)	s	Zi	Ze	h(m)	n	A(m2)	Rh(m)	Caudal de cuneta			Caudal de diseño			Comprobaciones		
											Qc(m3/s)	Qc(L/s)	i(mm/h)	Qd(m3/s)	Qd (L/s)	Qc>Qd	V (m/s)	Vmax 7.5m/s	
1	0+000	DERECHA	5.86	0.0586	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.40	401.36	103.1	0.04473	44.73	OK	3.34	OK	
	0+127.60	IZQUIERDA										401.36	103.1	0.0447	44.70	OK			
2	0+127.60	DERECHA	10.97	0.1097	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.549	549.15	103.1	0.11479	114.79	OK	4.58	OK	
	0+277.6	IZQUIERDA										549.15	103.1	0.05293	52.93	OK			
3	0+277.6	DERECHA	10.97	0.1097	2	0.7	0.35	0.015	0.1654	0.1367	0.97	968.96	103.1	0.05258	52.58	OK	5.86	OK	
	0+427.6	IZQUIERDA										968.96	103.1	0.74201	742.01	OK			
4	0+427.6	DERECHA	10.97	0.1097	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.55	549.15	103.1	0.05342	53.42	OK	4.58	OK	
	0+580	IZQUIERDA										549.15	103.1	0.24241	242.41	OK			
5	0+580	DERECHA	10.97	0.1097	2	0.7	0.35	0.015	0.1654	0.1367	0.97	968.96	103.1	0.02699	26.99	OK	5.86	OK	
	0+756.76	IZQUIERDA										968.96	103.1	0.37861	378.61	OK			
6	0+756.76	DERECHA	3.54	0.0354	2	0.7	0.35	0.015	0.1654	0.1367	0.55	550.43	103.1	0.06765	67.65	OK	3.33	OK	
	0+949.78	IZQUIERDA										550.43	103.1	0.50171	501.71	OK			
7	0+949.78	DERECHA	0.16	0.0016	2	0.7	0.35	0.015	0.1654	0.1367	0.12	117.02	103.1	0.05258	52.58	OK	0.71	OK	
	1+100	IZQUIERDA										117.02	103.1	0.11032	110.32	OK			
8	1+100	DERECHA	0.16	0.0016	2	0.7	0.35	0.015	0.1654	0.1367	0.12	117.02	103.1	0.04206	42.06	OK	0.71	OK	
	1+220.18	IZQUIERDA										117.02	103.1	0.10444	104.44	OK			
9	1+220.18	DERECHA	4.03	0.0403	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.33	332.85	103.1	0.11217	112.17	OK	2.77	OK	
	1+378.49	IZQUIERDA										332.85	103.1	0.26291	262.91	OK			
10	1+378.49	DERECHA	7.4	0.074	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.45	451.03	103.1	0.06134	61.34	OK	3.76	OK	
	1+555.21	IZQUIERDA										451.03	103.1	0.15413	154.13	OK			
11	1+555.21	DERECHA	16.58	0.1658	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.68	675.12	103.1	0.05258	52.58	OK	5.63	OK	

	1+705	IZQUIERDA										675.12	103.1	0.28456	284.56	OK		
12	1+705	DERECHA	16.58	0.1658	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.68	675.12	103.1	0.05959	59.59	OK	5.63	OK
	1+874.6	IZQUIERDA										675.12	103.1	0.32404	324.04	OK		
13	1+874.6	DERECHA	6.12	0.0612	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.41	410.17	103.1	0.07011	70.11	OK	3.42	OK
	2+081.57	IZQUIERDA										410.17	103.1	0.2895	289.50	OK		
14	2+081.57	DERECHA	10.96	0.1096	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.55	548.9	103.1	0.04759	47.59	OK	4.57	OK
	2+172.05	IZQUIERDA										548.9	103.1	0.04759	47.59	OK		
15	2+172.05	DERECHA	16.94	0.1694	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.68	682.41	103.1	0.0935	93.50	OK	5.69	OK
	2+362	IZQUIERDA										682.41	103.1	0.0935	93.50	OK		
16	2+362	DERECHA	16.94	0.1694	4	2	0.2	0.015	0.12	0.0944	0.68	682.41	103.1	0.09798	97.98	OK	5.69	OK
	2+546.96	IZQUIERDA										682.41	103.1	0.09798	97.98	OK		

Nota. Se indica las comprobaciones del diseño hidráulico de las cunetas para el proyecto. Elaborado por: Los autores.

Una vez realizado las verificaciones de la capacidad hidráulica de las cuentas se determina una altura la lámina de agua de 30 cm y 15cm, para ellos es indispensable contar una altura de revancha. Se recomienda que la altura de revancha este entre los valores de 5% y 30% de tal forma impida que se produzca una salida del caudal hacia la calzada provocando inseguridad a los usuarios. Es por lo que se ha optado un valor del 10% de la altura total de la lámina de agua. El cálculo de la revancha será determinado con la ecuación 47, y la altura de la cuneta mediante la ecuación 48.

- Cuneta tipo 1

$$\text{Revancha} = 10\% * h \quad (47)$$

$$\text{Revancha} = 10\% * 30\text{cm}$$

$$\text{Revancha} = 3 \text{ cm}$$

$$H_{\text{cuneta1}} = h + \text{revancha} \quad (48)$$

$$H_{\text{cuneta1}} = 30\text{cm} + 3\text{cm}$$

$$H_{\text{cuneta1}} = 33\text{cm}$$

- Cuneta tipo 2

$$\text{Revancha} = 10\% * h$$

$$\text{Revancha} = 10\% * 15\text{cm}$$

$$\text{Revancha} = 1.5 \text{ cm}$$

$$H_{\text{cuneta2}} = h + \text{revancha}$$

$$H_{\text{cuneta2}} = 15\text{cm} + 1.5\text{cm}$$

$$H_{\text{cuneta2}} = 16.5\text{cm}$$

Para facilidades constructivas se optará por una altura de cuneta de 35cm y 20cm que garantizará un buen desenvolvimiento hidráulico ante la presencia de escorrentía superficial.

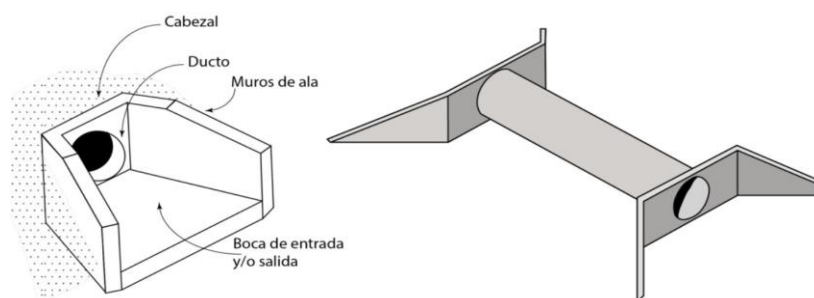
8.6 Alcantarillas

Es una obra hidráulica que ayuda a evacuar el agua de la vía transversalmente, lo que la caracteriza es su conducto corte que da el paso de agua de un lado a otro por debajo de la vía. Entre las secciones más comunes se encuentran las circulares y de cajón, para el diseño se tuvo en cuenta un diámetro apropiado el cual sea económico y que permita el paso de caudal de diseño sin fallas.

Las partes que conforma una alcantarilla son: cabezal, ducto, muros de ala y boca de entrada o salida, detallados en la Figura 31.

Figura 30

Partes alcantarilla.



Nota. Se refleja las partes principales de una alcantarilla. Fuente: Materia Drenaje vial y urbano

8.6.1 Aspectos generales

8.6.1.1 Ubicación

La alcantarilla puede estar ubicada en cruces de corrientes en la vía, en el desagüe de cunetas o zanjas de coronación, en los puntos bajos tomando en cuenta la topografía y en terraplenes. Las consideraciones se basan en afectar lo mínimo a: la velocidad del agua, gradiente de algún cauce natural en la topografía y la capacidad de transportar material en suspensión.

8.6.1.2 Pendiente

La pendiente juega un papel muy importante en el diseño de una alcantarilla, puesto se debe evitar pendientes elevadas que ocasionen grandes velocidades de flujo, así mismo tener pendientes muy bajas de tal forma ocasionen acumulación de sedimentos, es por eso que el MOP recomienda una pendiente mínima del 5%.

8.6.1.3 Longitud

Para determinar la longitud de la alcantarilla es indispensable tomar algunos requerimientos de diseño, es decir va a depender del ancho de la plataforma vial, de la pendiente y las estructuras de protección de la estructura tratando de evitar que sedimentos obstruyan la entrada y salida.

8.6.1.4 Velocidad de la corriente.

La velocidad de la corriente determinará la durabilidad de la estructura. La erosión es consecuencia de altas de velocidades de flujo, es por ello que la velocidad a la salida no podrá superar a la permisible, de ser el caso se debe considerar una obra de disipación (MTOPE, 2003). Es por lo que es recomendable no variar la pendiente con respecto al cauce natural.

8.6.1.5 Velocidad en la alcantarilla

La velocidad en la alcantarilla está relacionada con la pendiente tratando de evitar la acumulación de sedimentos y erosión, en la Tabla 56 se detallará las velocidades máximas según el material de construcción.

Tabla 56

Velocidades máximas alcantarillas.

Material de la Tubería	Velocidad máxima (m/seg)
Tubería de Hormigón simple hasta 60 cm. De diámetro	4.5
Tubería de Hormigón armado hasta 60 cm. de diámetro o mayores	6.0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ² .	6,0 - 6,5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² . Grandes conducciones	7,0 - 7,5
PEAD, PVC, PRFV	7.5
Acero*	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido	9,0 o mayor

*A ser utilizado en rápidas y/o tramos cortos

Nota. Se indica las velocidades máximas permisibles en alcantarillas. Fuente: NDSA EMAAP-Q, 2019

8.6.2 Dimensiones mínimas

- Para el caso de drenaje proveniente únicamente de cunetas, el ancho de la cuneta no puede ser menor a 1m.
- Para el caso de caudales provenientes de cuencas hidrográficas, el ancho no podrá ser menor a 1.2m debido a que los caudales son elevados.

8.6.3 Relleno

Las alcantarillas la ser estructuras subterráneas están expuestas a soportar las cargas de tránsito y de material de relleno. Para el caso de alcantarillas circulares o bóvedas, el relleno mínimo será de 0.6 a 1 m. En caso de secciones tipo cajón con losa superior podría quedar al

nivel de la subrasante de la vía (MTO, 2003). Asegurando una resistencia ante la presencia de cargas.

8.6.4 Diseño de drenaje transversal

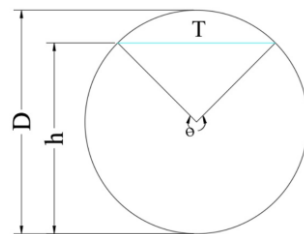
Un buen desenvolvimiento de una alcantarilla dependerá del diseño hidráulico. Existen algunas formas de controlar el comportamiento hidráulico de una alcantarilla, y es mediante la pendiente, diámetro y rugosidad (Chavez, 2021, pág. 5). De tal forma asegure la vida útil y buen desempeño al momento de drenar el agua.

Para el presente proyecto y cálculos se procedió al diseño de alcantarillas circulares de material PVC debido a su fácil instalación y trabajabilidad respecto a otros materiales, su material PVC es un material que debe cumplir con requerimientos y normas de calidad asegurara una vida útil prolongada.

Para el diseño hidráulico se basó en las siguientes ecuaciones netamente para una sección circular detalladas en la Figura 32.

Figura 31

Alcantarilla sección circular.



Nota. Se refleja las propiedades geométricas de una sección circular. Fuente: Materia Drenaje vial y urbano

Los distintos parámetros hidráulicos para una alcantarilla pueden ser calculados mediante las ecuaciones que se detallan en la Tabla 57.

Tabla 57*Propiedades geométricas sección circular.*

	ECUACIÓN
Espejo de agua	$T = D * \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$
Relación diámetro/calado	$h = \frac{D}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$
Área	$A = \frac{1}{8} * (\theta - \sin\theta) * D^2$
Perímetro mojado	$P = \theta * \frac{D}{2}$
Radio hidráulico	$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)$
Calado crítico	$Yc = \left(\frac{1.01}{D^{0.26}}\right) \left(\frac{Q^2}{g}\right)^{0.25}$

Nota. Se refleja las ecuaciones para obtener las propiedades geométricas de una sección circular. Fuente: Materia Drenaje vial y urbano

Para verificar un diseño óptimo de una alcantarilla se tendrá que revisar 2 parámetros fundamentales de diseño que son los siguientes:

- $Q > Q_{diseño}$
- $V \leq V_{máx}$

En la tabla 58, se detalla el diseño hidráulico y geométrico de alcantarillas, con sus comprobaciones de velocidad máximas y su capacidad de caudal.

8.6.5 Áreas de aportaciones alcantarilla

Las áreas de aportaciones de escorrentía influyen en el caudal de diseño para alcantarillas y lograr un correcto diseño transversal.

- **Alcantarilla 1**

La alcantarilla 1 contará con una cuenca que aportará un caudal, la misma que se detalla en la Figura 30.

Figura 32

Cuenca aportación alcantarilla 1



Nota. Se indica la cuenca de aportación de escorrentía para la alcantarilla 1. Fuente: Google Earth Pro.

Para el diseño hidráulico de la alcantarilla 1, se contará con la aportación de un caudal proveniente de una cuenca con un área de 0.73 Km², el mismo que será sumado al caudal proveniente de cunetas. En la Tabla 58 se detalla el diseño hidráulico de las cunetas utilizadas en el proyecto.

Tabla 58

Resumen Diseño de alcantarillas.

DISEÑO ALCANTARILLAS															
ABSCISA	SECCIÓN LLENA								COMPROBACIONES						
	D (mm)	D (m)	A (m ²)	R (m)	n	s (m/m)	Q _o (m ³ /s)	V _o (m/s)	Q (m ³ /s) (Inc. Cunetas)	Q/Q _o	Y/D	V/V _o	V (m/s)	Y/D<0.8	V _{máx.} 7.5 m/s PVC
0+000	2 (900)	1.8	2.54469	0.45	0.011	0.02	19.2117	7.55	9.44	0.491	0.6	0.9	6.53	OK	OK
0+250	1150	1.15	1.03869	0.2875	0.011	0.09	12.3397	11.88	0.703	0.057	0.2	0.4	5.06	OK	OK
0+430	1150	1.15	1.03869	0.2875	0.011	0.05	9.1975	8.85	0.475	0.052	0.2	0.4	3.77	OK	OK
0+960	1035	1.035	0.84134	0.25875	0.011	0.1	9.8212	11.67	0.730	0.074	0.2	0.5	5.52	OK	OK
1+120	1035	1.035	0.84134	0.25875	0.011	0.01	3.1057	3.69	0.620	0.200	0.3	0.6	2.35	OK	OK
1+280	1035	1.035	0.84134	0.25875	0.011	0.1	9.8212	11.67	0.580	0.059	0.2	0.4	4.97	OK	OK
1+760	1150	1.15	1.03869	0.29	0.011	0.06	10.0754	9.70	0.742	0.074	0.2	0.5	4.59	OK	OK
1+950	1150	1.15	1.03869	0.2875	0.011	0.06	10.0754	9.70	0.872	0.087	0.2	0.5	4.80	OK	OK
2+500	1150	1.15	1.03869	0.2875	0.011	0.09	12.3397	11.88	2.026	0.164	0.3	0.6	7.20	OK	OK

Nota. Se muestra el resumen del diseño de alcantarillas utilizados para el proyecto. Elaborado por: Los autores.

Una vez realizado el diseño hidráulico de alcantarillas y realizado las comprobaciones para garantizar un buen desenvolvimiento hidráulico, en la Tabla 58, se realizará un resumen de diámetros utilizados en el proyecto detallados en la Tabla 59.

Tabla 59

Resumen diámetros alcantarillas.

DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD
1150	5
1035	3

Nota. Se indica el número de alcantarillas utilizadas en toda la longitud del proyecto. Elaborado por: Los autores.

CONCLUSIONES

Mediante los estudios de campo y la topografía realizada en la vía Agustín Albán Borja, se puede observar que se trabajó en un terreno con altas pendientes y un sector montañoso esto sirvió como ayuda en el diseño horizontal y vertical, logrando diseñar la vía para una velocidad de diseño de 25km/h y con un peralte máximo del 10% que cumple con la normativa MOP 2003 para vías tipo IV.

Con el diseño geométrico se llegó a elegir un radio mínimo de curva de 20 metros y en base a las reglas técnicas de arquitectura y urbanismo se determinó una vía tipo rural categoría B, dando la cantidad de 2 carriles cuyo ancho es 3m por carril, espaldón externo de 1 metro y cuneta de 1 metro. Teniendo así una sección transversal de 10m que produce un gran alcance hacia el futuro y un correcto diseño frente a la tasa de crecimiento vehicular.

Para el diseño de curvas horizontales se utilizó únicamente curvas circulares simples, puesto que al ser una vía tipo IV cumplió con todos los requerimientos establecidos por el manual de diseño geométrico de carreteras.

El alineamiento horizontal se diseñó sin sobre ancho en las curvas por el motivo de la longitud elevada, el ancho de los carriles y espaldones dando un ancho de 8 metros, se determinó desistir de sobreechamientos puesto a que con un ancho de 8m no causaría problemas en ninguna circunstancia de peligro hacia el conductor.

Con el estudio de laboratorio de suelos otorgado por la Administración Zonal Quitumbe se determinó un CBR de 9.02%, dando como resultado una subrasante de mala calidad y por ende se necesitó la colocación de un material de mejoramiento de la misma, elevando su calidad logrando obtener un valor más elevado de CBR, asegurando su capacidad para resistir las cargas vehiculares para el tiempo de diseño.

Para el diseño estructural de pavimento flexible, y en base a la AASHTO 93 se determinó una estructura conformada por 4 capas, mejoramiento de 30cm, subbase de 16cm,

base de 11cm y la carpeta de asfáltica de 5cm, espesores que son mayores a los mínimos establecidos por la AASHTO 93, dando una estructura de 62cm de ancho.

En el diseño de drenaje longitudinal se realizó la construcción de cunetas triangulares cuyo diseño hidráulico es aceptable, verificando velocidades y capacidades de caudales, puesto que recibirá gran cantidad de caudal de escorrentía superficial provenientes de la plataforma vial y de los taludes, su buen funcionamiento asegura la ausencia de la formación de láminas de agua que puedan ocasionar hidropneumático, dando seguridad a los conductores al momento de transitar.

Para el drenaje transversal se optó en la construcción de alcantarillas cada 250m, dando un total de 8 alcantarillas, el material elegido será de PVC puesto a que la instalación es mucho más rápida y la vida útil del material es mayor a 50 años según especificaciones, se colocarán diferentes diámetros de tubería en base al diseño hidráulico realizado, comprobando velocidades máximas de flujo y pendientes mínimas, obteniendo diámetros de 1035mm, 1150mm.

Se estimó diámetros de alcantarillas mayores a 1m, debido a que se pueda realizar mantenimientos de estas, tratando de evitar acumulación de sedimentos o material grueso que puedan obstruir el paso del agua ocasionando acumulación y pueda rebotarse hacia la vía provocando incomodidades a los usuarios.

RECOMENDACIONES

Para iniciar el trabajo en campo se debe socializar con los moradores de los sectores aledaños para que tengan conocimiento de lo que se va a realizar y el beneficio que obtendrían, con el fin de evitar conflictos futuros con los moradores y tener autorización para ingresar en alguna propiedad si fuese necesario.

Es recomendable realizar un mantenimiento periódico de las estructuras de drenaje vial para tratar de alargar la vida útil del pavimento, evitando alguna falla superficial que con el tiempo pueda transformarse en falla estructural.

Puesto que la ubicación del proyecto se encuentra en una zona montañosa del sur de Quito, el clima no es favorable en tiempo de invierno debido a la presencia de neblina, para lo cual es más factible que el proyecto sea realizado en tiempo de verano, lo cual asegurará un buen rendimiento y avances progresivos de la obra.

Se recomienda realiza un estudio completo de laboratorio de suelo de los taludes de corte, para la verificar si se necesita algún tipo de estructura o material de soporte, para evitar algún tipo de inconveniente a futuro.

GLOSARIO

- **Georreferenciado:** Técnica utilizada de precisión geográfica para la ubicación de puntos topográficos.
- **TPDA:** Volumen vehicular que circula por determinada vía dividido para 365 días.
- **Hidroplaneo:** Lámina de agua presente en la calzada por ausencia de bombeo.
- **CIVIL 3D:** Software aplicado para infraestructuras civiles.
- **Calicatas:** Sección geométrica de suelo natural obtenido mediante excavación en base a normativas.
- **Número estructural (SN):** Valor que indica la resistencia de un pavimento flexible.

REFERENCIAS

- Amaya Alfonso. O.F (2019). *Diseño de la estructura de un Pavimento Flexible Aplicando el Método AASHTO-93, para el corredor Vial comprendido entre la Diagonal 65 – Cai Boston – Cruce vía Yuma en Barrancabermeja, Santander*. [Trabaja de grado para obtener el título de especialista en ingeniería de pavimentos] Repositorio Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/32870>
- Araujo William. N (2015). *Método alternativo para predecir CBR en diseño de pavimentos*. [Trabaja de grado para obtener el título de ingeniería civil] Repositorio Universidad De Piura. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/01/metodo-alternativo-cbr/#:~:text=El%20Ensayo%20CBR%20>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3 ed.). Ed. Pearson. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Borselli L. (2022). *Clasificación ingenieril de los suelos y de los masizos rocosos*. <https://docplayer.es/81940992-Capitulo-3-descripcion-ingenieril-y-clasificacion-geotecnica-de-suelos-y-rocas.html>
- Bustamante, F. O. (2009). *Estructuración de las vías terrestres* (10 ed.). Grupo editorial Patria. https://www.academia.edu/29812819/Estructuracion_de_vias_terrestres_Fernando_Olivera_Bustamante
- Calvis, C. O. (2006). Tipos de investigación. *Revista Científica General José María Córdova*, 4(4).
- Castaño Martínez, F. L., Herrera Betín, J. M., Gómez Sáenz, J., & Reyes Lizcano, F. (2009). Pavimentos Flexibles-Análisis cualitativo del flujo de agua de una estructura de pavimento flexible en Bogotá D.C. *Revista UCR*, 2.
- Chavez, B.E.M. (2021). Tipos de investigación. *Diseño de alcantarilla para el paso de organismos acuáticos*, 11(1).
- Cordo, O. V. (2006). *Diseño de Pavimentos AASHTO 93* (Vol. 3). E. d. Juan, Ed., & O. V. Cordo, Trad. https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_
- Cranes and Machines. (2019). *Levantamiento topográfico*. https://gruasyaparejos.com/topografia/levantamiento_topografico/#levantamiento_topografico_de_una_carretera
- Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín. (2017, 24 de agosto). *Manual del conductor*. <http://www.drctsanmartin.gob.pe/manual.php>
- Flores, M. S. (2020). *Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata en el tramo km 12 + 000 - 16 + 000 perteneciente a los cantones Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi*. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Universidad

- Técnica de Ambato] Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30641>
- Figueroa, J. O. (2019). *Rediseño de la vía Cesar Chiriboga (Tramo I – 1.2 km) y Flor de Pascua (Tramo II – 1.5 km), de la parroquia la Merced en el Distrito Metropolitano de Quito*. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Universidad Central del Ecuador] Repositorio Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18524>
- Fonseca, M. (2001). *Ingeniería de pavimento para carreteras* (2 ed.). Ed. EstellaValbuena de fierro.
https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota: Ecoe Ediciones.
https://www.academia.edu/41350934/Dise%C3%B1o_Goem%C3%A9trico_de_Carreteras_James_C%C3%A1rdenas_Grisales
- Gómez Henry, J. S. (2020). *Diseño vial para la ampliación, rectificación y asfaltado*. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18597>
- Hernández Elizabeth M. (2014). *Drenaje y subdrenaje en carreteras*. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Escuela Superior de ingeniería y arquitectura Unidad Zacatenco] Repositorio Instituto Politécnico Nacional.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15159/DRENAJE%20Y%20SUBDRENAJE%20EN%20CARRETERAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitaciones*.
https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDAD_ES_V_FINAL.pdf
- Iturbide J.C. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP]. (2013). *Normas para estudios y diseños viales* (Vol. 2). https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTOP]. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Wordpress
https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedise%C3%B1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- MOP001F. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*.
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf

- Olivera, F. (2017). *Manual de drenaje para caminos rurales* . Ed. Secretaria de asentamientos humanos y obras publicas. <http://dimsec.com/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Drenaje-Para-Caminos-Rurales.pdf>
- T.A.M.S. ; ASTEC. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, Pichincha, Ecuador. Wordpress
https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- Victor Ponce M.. (2018). *Drenaje de carreteras*.
https://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_c.html
- Yerovi Geovanny. O.V (2021). *Diseño geométrico de las calles del barrio San Isidro, de longitud 4.2 km ubicadas en la parroquia de Guamaní - cantón Quito - provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado que otorga el título de ingeniero civil, Universidad Central del Ecuador] Repositorio Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24678>

ANEXOS

Anexo1: Punto GPS base.

PUNTO		DESCRIPCION	
GPS		Punto inicial del proyecto	
NORTE	ESTE	ELEVACION	ZONA
9969249.808	769356.306	3204.142	UTM 17M
DETALLE:			
El punto se encuentra ubicado junto a una cerca de con alambre de puas, delante de un arbol lechero.			
FOTOGRAFIAS			
			

Anexo 2: Equipo utilizado.

Anexo 2	DESCRIPCION
Imágenes de equipos utilizados en la realización de el levantamiento topografico en la via Agustin Alban Borja.	
FOTOGRAFIAS	
	
	

Anexo 3: Relieve actual.

Anexo 3	DESCRIPCION
Fotografias del tipo de relieve actual en la via Agustin Alban Borja	
FOTOGRAFIAS	

Anexo 3 : Resumen de estudios de suelo.

4.2 Trabajos de Laboratorio

4.1.2 Normas referenciales

ASTM D 2216 (2010). - Método de ensayo Normalizado para determinar el contenido de agua en suelos y rocas con respecto a su masa.

ASTM D 422 (2007). - Método de ensayo normalizado para el análisis del tamaño de partículas de suelo

ASTM D 4318 (2010). - Método de ensayo normalizado para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos.

ASTM D 2487 (2011). - Práctica Normalizada para clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

ASTM D 3282 (2009). - Práctica Normalizada para clasificación de suelos y mezclas de suelo – agregado para propósitos de construcción de carreteras.

ASTM D1883 (2016). - Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio

ASTM D1557 (2012). - Métodos de prueba estándar para las características de compactación del suelo en el laboratorio utilizando un esfuerzo modificado (56 000 ft-lbf / ft³ (2700kN-m / m³)

Con las muestras obtenidas en campo desde la posteadora y posteriormente trasladadas al laboratorio, se realizaron los siguientes Ensayos Normalizados:

Para Clasificaciones AASHTO Y SUCS

- Contenido de Humedad Natural (Norma ASTM D 2216), este ensayo permite determinar la cantidad de agua natural que tiene el suelo expresada como porcentaje en relación a la masa seca del suelo.



- **Granulometría por Lavado y Tamizado hasta la Malla No.200, (Norma ASTM D 422), este ensayo cubre la separación en tamaños de partículas por medio de un tamizado.**



- **Límite Líquido (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar el valor de Índice de Plasticidad, parámetro importante en el reconocimiento entre un limo y una arcilla.**



- **Límite Plástico (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar al igual que el anterior el Índice de Plasticidad, por diferencia entre los dos ($IP=LL-LP$).**



- Clasificaciones de suelos S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) Norma ASTM D 2487 y AASHTO Norma ASTM D 3282, estas prácticas cubren todos los ensayos anteriores para llegar a identificar a un determinado tipo de suelo por medio de un símbolo y una descripción.
- CBR de Laboratorio, ASTM D 1883, en resumen obtiene la capacidad de soporte del suelo en porcentaje para condiciones de humedad y densidad controlada (compactación), para 0.1 y 0.2" de penetración en la prensa CBR.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

5.1 Sub-rasante

Las clasificaciones de suelos, así como los perfiles estratigráficos adjuntos demuestran una subrasante bastante homogénea, en la que prevalecen hasta los dos metros de profundidad arenas limosas, limos arenosos y arcillas arenosas. (A-4 y A-6)

5.2 Potencial de expansión e hinchamiento

Desde el punto de vista de los máximos límites de Atterberg encontrados, cualitativamente se puede llegar a determinar el potencial de expansión con el uso de a siguiente tabla

POTENCIAL DE EXPANSIÓN			
Grado de Expansión	LL %	IP %	τ nat (Ton/pie ²)
Elevado	>60	>35	>4
Marginal	50-60	25-35	1.5-5
Bajo	<50	<25	<1.5

Fuente: I.N.V. E – 132 "DETERMINACION DE SUELOS EXPANSIVOS"

Para nuestro caso tenemos:

Un límite líquido mayor de:

$$LL\% = 42$$

Un Índice de plasticidad mayor:

$$IP\% = 13$$

POTENCIAL DE EXPANSIÓN			
Grado de Expansión	LL %	IP %	τ nat (Ton/pie ²)
Elevado	>60	>35	>4
Marginal	50-60	25-35	1.5-5
Bajo	<50	<25	<1.5

Por lo tanto, tenemos un potencia de expansión **Bajo**

5.3 Resumen de clasificaciones:

ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD (%)	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)				LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD (%)	ÍNDICE DE GRUPO	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
			4	15	40	200							
CBR 1													
0+045	0.60	28	99	97	79	50	29	21	8	1	SC	A-4	Arena arcillosa
	1.00 / 1.50	36	100	99	93	66	42	29	13	8	ML	A-7-6	Limo arenoso de baja compresibilidad
CBR 2													
0+400	0.60	17	99	97	80	46	NP	NP	NP	-	SM	A-4	Arena limosa
	1.00 / 1.50	33	100	97	88	61	33	20	13	6	CL	A-6	Arcilla arenosa de baja compresibilidad

En este contexto se considera un solo tramo de diseño, calificado mediante la propiedad mecánica del módulo de balasto determinado a través del CBR de diseño de los 2 CBR's de laboratorio determinados.

Para determinar el CBR de diseño de la sub rasante se utilizarán los CBR de laboratorio realizados en condiciones de humedad natural y densidad humedad controlada respectivamente. De todos los CBR obtenidos en campo se procederá con la determinación del percentil 85, el cual será tomado como CBR de diseño.

Respecto al percentil 85, representa estadísticamente la probabilidad de que sobre los datos medidos exista un nivel de confianza del 85%, es decir que NO se encontraran valores menores al de diseño, considerado sobre un tramo homogéneo desde el punto de vista de la estratigrafía.

CALCULO DEL PERCENTIL 85						
CALICATA	ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCENTIL 85
C1	0+045	1	18.00	18.00	50.0	9.04
C2	0+400	2	5.20	5.20	100.0	

CBR diseño = 9%

Anexo : Presupuesto referencial.

PRESUPUESTO AGUSTÍN ALBAN BORJA					
Ubicación: CHILLOGALLO - QUITO -ECUADOR					
Integrantes: Balcázar Julio, Pachacama Alex					
ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Replanteo y nivelacion con equipo topográfico	km	2.6	\$173.26	\$450.47
1.2	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	1.13	\$162.45	\$183.57
1.3	Bodega abierta	m2	6	\$88.78	\$532.66
1.4	Baños provisionales (alquiler por día)	u	2	\$14.00	\$28.00
1.5	Señalética de seguridad (kit. cinta de precaución, letreros de avisos a peatones, conos)	u	3	\$27.34	\$82.02
	SUBTOTAL				\$1'276.72
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	Excavación en suelo	m3	80662.65	\$2.59	\$209'171.96
2.2	Excavación con maquinaria para cunetas	m3	1348.01	\$9.50	\$12'807.58
2.3	Excavacion con maquina para alcantarillas	m3	477.2	\$12.47	\$5'950.78
2.4	Transporte de material de excavacion	m3-km	42427.01	\$1.06	\$44'827.11
	SUBTOTAL				\$272'757.42
3	PAVIMENTOS				
3.1	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado e: 30 cm	m3	7641	\$8.66	\$66'175.79
3.2	Subbase ganular e: 16 cm	m3	4075.2	\$28.34	\$115'511.52
3.3	Base granular e: 11 cm	m3	2801.7	\$29.80	\$83'485.39
3.4	Asfalto RC imprimacion 1.5 lt/m2	lt	38205	\$1.06	\$40'366.26
3.5	Capa de rodadura de pavimento asphaltico e: 5 cm	m3	1273.5	\$29.98	\$38'179.66
	SUBTOTAL				\$343'718.61
4	DRENAJE				
4.1	Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 35cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)	m3	201.81	\$28.09	\$5'669.12
4.2	Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 20cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)	m3	281.08	\$30.53	\$8'580.90
4.3	Tubería circular PVC D=1800mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	12	\$1'180.11	\$14'161.31
4.4	Tubería circular PVC D=1150mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	60	\$431.67	
4.5	Tubería circular PVC D=1035mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)	ml	48	\$397.43	\$19'076.44
	SUBTOTAL				\$47'487.77
5	OTROS				
5.1	Limpieza final de obra (calzada, cunetas)	m2	25470	\$6.60	\$168'056.15
	SUBTOTAL				\$168'056.15
				TOTAL	\$833'296.68

Anexo: Análisis de precios unitarios.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA "AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)" DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Replanteo y nivelacion con equipo topográfico
ITEM 1.1

FECHA ene-23
UNIDAD: km

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					2.34
Vehículo 4x4	1	6	6	1.9	11.40
Equipo de topografía	1	4	4	1.9	7.60
SUBTOTAL M					21.34
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Topografo	1	4.55	4.55	1.9	8.65
Cadenero	4	3.92	15.68	1.9	29.79
Chofer	1	4.36	4.36	1.9	8.28
SUBTOTAL N					46.72
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Estacas de madera 5x5x40cm	u	80.00	0.4	32.00	
Spray	u	3	12.85	38.55	
SUBTOTAL O				70.55	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P				0.00	

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	138.61
	INDIRECTOS 10%	13.86
	UTILIDAD 15%	20.79
	COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	173.26

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX
TE:

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Desbroce, desbosque y limpieza
ITEM: 1.2

FECHA: ene-23
UNIDAD: ha

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD D A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					1.15
Motosierra (espada de 75cm)	2	2.25	4.5	1.42	6.39
Retroexcavadora 75hp	2	35	70	1.42	99.40
SUBTOTAL M					106.94
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Operador maquinaria	1	4.12	4.12	1.42	5.85
Ayudante de maquinaria	1	3.95	3.95	1.42	5.61
Motosierrista	1	3.85	3.85	1.42	5.47
Maestro mayor en ejecucion de obras civiles	1	4.29	4.29	1.42	6.09
SUBTOTAL N					23.02
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+)	129.96
INDIRECTOS 10%	13.00
UTILIDAD 15%	19.49
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	162.45

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Bodega abierta
ITEM: 1.3

FECHA: ene-23
UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDA D A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					3.35
					0.00
					0.00
SUBTOTAL M					3.35
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Albañil	2	4.25	8.5	2.67	22.70
Peon	4	4.15	16.6	2.67	44.32
SUBTOTAL N					67.02
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Tabla de monte	u	1.20	0.17	0.20	
clavos de 1/2in	kg	0.2	2.25	0.45	
				0.00	
				0.00	
				0.00	
SUBTOTAL O				0.65	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P				0.00	

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	71.02
INDIRECTOS 10%	7.10
UTILIDAD 15%	10.65
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	88.78

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (\$42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Excavación en suelo

FECHA ene-23

ITEM 2.1

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.02
Excavadora	1	52	52	0.018	0.94
Cargadora frontal	1	42	42	0.018	0.76
SUBTOTAL M					1.71
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	2	4.25	8.5	0.018	0.15
Ayudante de maquinaria	2	3.95	7.9	0.018	0.14
Peon	1	3.84	3.84	0.018	0.07
SUBTOTAL N					0.36
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	2.07
INDIRECTOS 10%	0.21
UTILIDAD 15%	0.31
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	2.59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)”
DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Excavación con maquinaria para cunetas

FECHA: ene-23

ITEM: 2.2

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.10
Retroexcavadora 75hp	1	35	35	0.16	5.60
SUBTOTAL M					5.70
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	1	4.12	4.12	0.16	0.66
Ayudante de maquinaria	1	3.95	3.95	0.16	0.63
Peon	1	3.84	3.84	0.16	0.61
SUBTOTAL N					1.91
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARI O B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARI O B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	7.60
INDIRECTOS 10%	0.76
UTILIDAD 15%	1.14
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	9.50

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Excavacion con maquina para alcantarillas

FECHA: ene-23

ITEM: 2.3

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.13
Retroexcavadora 75hp	1	35	35	0.21	7.35
SUBTOTAL M					7.48
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	1	4.12	4.12	0.21	0.87
Ayudante de maquinaria	1	3.95	3.95	0.21	0.83
Peon	1	3.84	3.84	0.21	0.81
SUBTOTAL N					2.50
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	9.98
INDIRECTOS 10%	1.00
UTILIDAD 15%	1.50
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	12.47

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Transporte de material de excavacion

FECHA: ene-23

ITEM: 2.4

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.01
Volqueta 12m3	1	25	25	0.012	0.30
Cargadora frontal	1	27	27	0.012	0.32
SUBTOTAL M					0.63
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	1	4.12	4.12	0.012	0.05
Ayudante de maquinaria	1	3.95	3.95	0.012	0.05
Chofer de volqueta	1	5.65	5.65	0.012	0.07
Peon	1	3.84	3.84	0.012	0.05
SUBTOTAL N					0.21
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	0.85
INDIRECTOS 10%	0.08
UTILIDAD 15%	0.13
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	1.06

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA "AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)" DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado e: 30 cm

FECHA: ene-23

ITEM: 3.1

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.06
Motoniveladrea	1	60	60	0.03	1.80
Rodillo vibrador pata de cabra	1	48	48	0.03	1.44
Rodillo vibrador liso	1	48	48	0.03	1.44
Tanquero de agua	1	30	30	0.03	0.90
SUBTOTAL M					5.64
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.03	0.37
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.03	0.36
Chofer de tanquero	1	5.65	5.65	0.03	0.17
Peon	2	3.84	7.68	0.03	0.23
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.03	0.13
SUBTOTAL N					1.25
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Agua	m3	0.04	0.85	0.03	
SUBTOTAL O					0.03
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	6.93
	INDIRECTOS 10%	0.69
	UTILIDAD 15%	1.04
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	8.66

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Subbase ganular e: 16 cm

FECHA: ene-23

ITEM: 3.2

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.06
Motoniveladrea	1	60	60	0.03	1.80
Rodillo vibrador liso	1	48	48	0.03	1.44
Tanquero de agua	1	30	30	0.03	0.90
SUBTOTAL M					4.20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.03	0.37
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.03	0.36
Chofer de tanquero	1	5.65	5.65	0.03	0.17
Peon	2	3.84	7.68	0.03	0.23
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.03	0.13
SUBTOTAL N					1.25
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Agua	m3	0.04	0.85	0.03	
Material para subbase	m3	1.25	13.75	17.19	
SUBTOTAL O				17.22	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P				0.00	

	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	22.68
	INDIRECTOS 10%	2.27
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	UTILIDAD 15%	3.40
	COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	28.34

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Base granular e: 11 cm

FECHA ene-23

ITEM 3.3

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.06
Motoniveladroa	1	60	60	0.03	1.80
Rodillo vibrador liso	1	48	48	0.03	1.44
Tanquero de agua	1	30	30	0.03	0.90
SUBTOTAL M					4.20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.03	0.37
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.03	0.36
Chofer de tanquero	1	5.65	5.65	0.03	0.17
Peon	2	3.84	7.68	0.03	0.23
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.03	0.13
SUBTOTAL N					1.25
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Agua	m3	0.04	0.85	0.03	
Material para base	m3	1.25	14.68	18.35	
SUBTOTAL O					18.38
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+)	23.84
INDIRECTOS 10%	2.38
UTILIDAD 15%	3.58
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	29.80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE Balcázar Julio, Pachacama Alex
:

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Asfalto RC imprimacion 1.5 lt/m2

FECHA ene-23

ITEM 3.4

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.01
Volqueta 12m3	1	25	25	0.012	0.30
Cargadora frontal	1	27	27	0.012	0.32
SUBTOTAL M					0.63
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	1	4.12	4.12	0.012	0.05
Ayudante de maquinaria	1	3.95	3.95	0.012	0.05
Chofer de volqueta	1	5.65	5.65	0.012	0.07
Peon	1	3.84	3.84	0.012	0.05
SUBTOTAL N					0.21
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	0.85
INDIRECTOS 10%	0.08
UTILIDAD 15%	0.13
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	1.06

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Capa de rodadura de pavimento asfáltico e: 5 cm

FECHA: ene-23

ITEM: 3.5

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.06
Cargadora frontal	1	27	27	0.03	0.81
Rodillo compactador neumatico de goma	1	48	48	0.03	1.44
Rodillo vibratorio doble tambor	1	35	35	0.03	1.05
Planta de asfalto	1	88	88	0.03	2.64
Distribuidor de asfalto	1	70	70	0.03	2.10
Terminadora de asfalto	1	53	53	0.03	1.59
SUBTOTAL M					9.69
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.03	0.37
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.03	0.36
Peon	3	3.84	11.52	0.03	0.35
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.03	0.13
SUBTOTAL N					1.20
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Diesel	gal	2.94	1.75	5.15	
Asfalto AC-20	kg	10.92	0.48	5.24	
Material granular	m3	0.1	13.55	1.36	
Fino cribado	m3	0.1	13.55	1.36	
SUBTOTAL O				13.10	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	23.98
INDIRECTOS 10%	2.40
UTILIDAD 15%	3.60
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	29.98

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 35cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)

FECHA ene-23

ITEM 3.5

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.16
Vibrador	1	3	3	0.2	0.60
					0.00
SUBTOTAL M					0.76
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Maestro mayor	1	4.19	4.19	0.2	0.84
Peon	3	3.84	11.52	0.2	2.30
SUBTOTAL N					3.14
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Hormigón premezclado de resistencia f'c: 210kg/cm2	m3	0.14	128	17.92	
Madera para encofrado	m2	1.20	0.17	0.20	
Clavos	kg	0.2	2.25	0.45	
SUBTOTAL O					18.57
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	22.47
INDIRECTOS 10%	2.25
UTILIDAD 15%	3.37
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	28.09

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX
:

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Hormigón simple f'c: 210kg/cm2 para cunetas triangulares h= 20cm e:10cm. (inc. Encofrado y desenco0frado)

FECHA ene-23
UNIDAD: m3

ITEM 4.2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.24
Vibrador	1	3	3	0.3	0.90
SUBTOTAL M					1.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Maestro mayor	1	4.19	4.19	0.3	1.26
Peon	3	3.84	11.52	0.3	3.46
SUBTOTAL N					4.71
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Hormigón premezclado de resistencia f'c: 210kg/cm2	m3	0.14	128	17.92	
Madera para encofrado	m2	1.20	0.17	0.20	
Clavos	kg	0.2	2.25	0.45	
SUBTOTAL O					18.57
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	24.42
INDIRECTOS 10%	2.44
UTILIDAD 15%	3.66
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	30.53

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Tubería circular PVC D=1800mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)

FECHA ene-23

ITEM 3.5

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.10
Retroexcavadora 75hp	1	35	35	0.049	1.72
Compactador mecánico	1	6.25	6.25	0.049	0.31
SUBTOTAL M					2.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.049	0.61
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.049	0.58
Peon	3	3.84	11.52	0.049	0.56
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.049	0.21
SUBTOTAL N					1.96
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Tubería de PVC de D=1800mm	m	1.05	894.66	939.39	
Material fino para encamado	m3	0.01	0.48	0.00	
Material para acostillado y relleno inicial	m3	0.02	0.54	0.01	
Lubricante para union de juntas	kg	0.17	3.55	0.60	
SUBTOTAL O				940.01	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	944.09
INDIRECTOS 10%	94.41
UTILIDAD 15%	141.61
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	1180.11

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABCISA 0+020 HASTA LA ABCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Tubería circular PVC D=1150mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)

FECHA ene-23

ITEM 4.4

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.10
Retroexcavadora 75hp	1	35	35	0.049	1.72
Compactador mecánico	1	6.25	6.25	0.049	0.31
SUBTOTAL M					2.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/H R. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.049	0.61
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.049	0.58
Peon	3	3.84	11.52	0.049	0.56
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.049	0.21
SUBTOTAL N					1.96
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Tubería de PVC de D=1150mm	m	1.05	324.42	340.64	
Material fino para encamado	m3	0.01	0.48	0.00	
Material para acostillado y relleno inicial	m3	0.02	0.54	0.01	
Lubricante para union de juntas	kg	0.17	3.55	0.60	
SUBTOTAL O					341.26
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	345.34
INDIRECTOS 10%	34.53
UTILIDAD 15%	51.80
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	431.67

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Tubería circular PVC D=1035mm para alcantarillas (inc. material fino para encamado e: 10cm, material para apostillado y relleno inicial)

FECHA: ene-23

ITEM: 3.5

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.10
Retroexcavadora 75hp	1	35	35	0.049	1.72
Compactador mecánico	1	6.25	6.25	0.049	0.31
SUBTOTAL M					2.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR. B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Operador de maquinaria	3	4.12	12.36	0.049	0.61
Ayudante de maquinaria	3	3.95	11.85	0.049	0.58
Peon	3	3.84	11.52	0.049	0.56
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.049	0.21
SUBTOTAL N					1.96
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
Tubería de PVC de D=1035mm	m	1.05	298.33	313.25	
Material fino para encamado	m3	0.01	0.48	0.00	
Material para acostillado y relleno inicial	m3	0.02	0.54	0.01	
Lubricante para union de juntas	kg	0.17	3.55	0.60	
SUBTOTAL O					313.87
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	317.94
INDIRECTOS 10%	31.79
UTILIDAD 15%	47.69
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	397.43

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO

NOMBRE DEL OFERENTE: BALCÁZAR JULIO, PACHACAMA ALEX
:

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA “AGUSTÍN ALBÁN BORJA (S42)” DESDE LA ABSCISA 0+020 HASTA LA ABSCISA 2+600, UBICADA EN LA PARROQUIA CHILLOGALLO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA

RUBRO: Limpieza final de obra (calzada, cunetas)

FECHA: ene-23

ITEM: 5.1

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta menor (5%M.D.O)					0.25
SUBTOTAL M					0.25
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMI ENTO R	COSTO D=CxR
Peon	3	3.84	11.52	0.32	3.69
Maestro de obra	1	4.19	4.19	0.32	1.34
SUBTOTAL N					5.03
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
-					
-					
-					
-					
-					
SUBTOTAL P					0.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	5.28
INDIRECTOS 10%	0.53
UTILIDAD 15%	0.79
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$	6.60

Anexo Planos.

- Plano 1: Diseño Horizontal.
- Plano 2: Planta y perfil transversal de la vía.
- Plano 3: Secciones transversales.
- Plano 4: Alcantarillas.