



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

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

TEMA:

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

AUTOR: Max Bryan Martínez Carabajo

TUTOR: Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano Mg.

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico y, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. **Max Bryan Martínez Carabajo**, portador de la cédula de ciudadanía: 2100645528, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Septiembre 2021

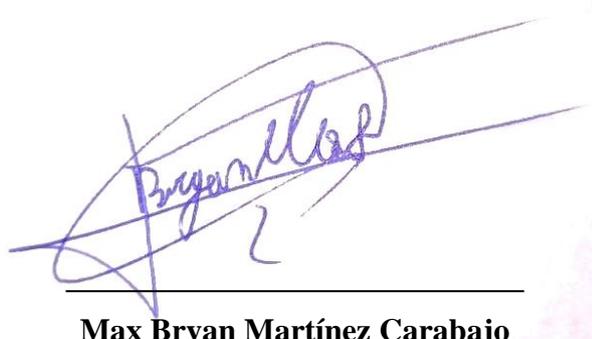
Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano Mg.

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Max Bryan Martínez Carabajo**, con C.I. 2100645528 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Max Bryan Martínez Carabajo

2100645528

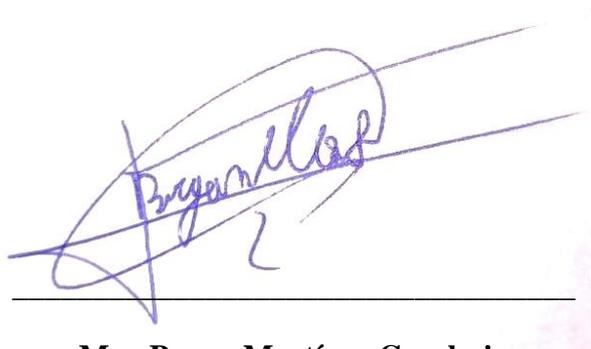
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2021



Max Bryan Martínez Carabajo

2100645528

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante **Max Bryan Martínez Carabajo** de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Byron Genaro Cañizares Proaño Mg.

Miembro Calificador

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D.

Miembro Calificador

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada de todo corazón a mis dos padres, Luis Martínez y María Carabajo quienes han sido mi pilar de apoyo incondicional para hoy llegar a donde estoy, sin el apoyo y la formación que me han dado ellos no hubiese sido capaz de cumplir una de las metas más importantes como es la de obtener mi título de Ingeniero. Gracias por todo su apoyo los amo mucho.

Max Martínez

AGRADECIMIENTOS

Al culminar una etapa de mi vida muy importante y esperada quiero agradecer este logro a mi padre Luis Alejandro Martínez Valdez y a mi madre María Dolores Carabajo López que han sido mis pilares fundamentales para yo llegar a alcanzar esta gran meta en vida.

A mi hermana Meilyn Betzabeth Gallegos Carabajo que a pesar de que me dé saca de mis casillas siempre la adoro demasiado y espero que algún día siga mis pasos y logre cumplir todas sus metas propuestas.

A mi abuelita Blanca López donde quiera que se encuentre ya que su sueño siempre fue ver a su primer nieto como un profesional.

A mi mejor amigo Anderson Lavanda que en paz descansa.

A todos mis tíos y tías que siempre me aconsejaron, apoyaron y regañaron para que siga adelante y cumplir con la meta de ser un profesional.

Y por último a mis profesores que gracias a ellos estoy donde estoy ya que compartieron sus conocimientos conmigo.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES	1
1. Tema Técnico	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación	2
1.1.3 Fundamentaciones Teórica	3
1.1.3.1 Topografía	3
1.1.3.1.1 Levantamiento topográfico	3
1.1.3.1.2 Topografía con Drone	4
1.1.3.1.3 Fotogrametría	4
1.1.3.1.4 Curvas de nivel	5
1.1.3.1.5 Sistema de coordenadas	6
1.1.3.1.5.1 Sistema de coordenadas geográficas	6
1.1.3.1.5.2 Sistema de coordenadas UTM	6
1.1.3.2 Tráfico	8
1.1.3.2.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)	8
1.1.3.2.2 Tipos de conteo	8
1.1.3.2.3 Factores de variación de tráfico	9

1.1.3.2.4	Volumen Horario Máximo Anual (VHMA)	9
1.1.3.2.5	Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)	9
1.1.3.2.6	Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD)	10
1.1.3.2.7	Volumen Horario del Proyecto (VHP)	10
1.1.3.2.8	Relación entre el Volumen Horario de Proyecto (VHP) y el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	11
1.1.3.2.9	Tráfico Futuro (TF)	12
1.1.3.2.9.1	Tráfico Actual (TA)	12
1.1.3.2.9.2	Incremento de Tráfico (IT)	13
1.1.3.3	Carretera	14
1.1.3.4	Clasificación de las carreteras	15
1.1.3.4.1	Clase de carretera	15
1.1.3.4.2	Clasificación de las Carreteras de acuerdo con su Función Jerárquica	16
1.1.3.4.3	Según el tipo de terreno	17
1.1.3.5	Velocidad de Diseño	17
1.1.3.5.1	Velocidad de Circulación (Vc)	18
1.1.3.5.2	Relación Velocidad de Diseño con la Velocidad de Circulación.	19
1.1.3.6	Diseño del Alineamiento Horizontal.	19
1.1.3.6.1	Tangentes	19
1.1.3.6.2	Curvas Circulares.	20
1.1.3.6.2.1	Radio Mínimo de Curvatura Horizontal.	20
1.1.3.6.2.2	Elementos de una Curva Circular Simple.	22
1.1.3.6.2.3	Curvas de Transición.	26
1.1.3.6.3	Peralte	28
1.1.3.6.2.4	Tangente Intermedia Mínima.	34
1.1.3.6.2.5	Sobrecancho en las Curvas.	35
1.1.3.7	Distancias de Visibilidad	37
1.1.3.7.1	Distancia de Parada.	37
1.1.3.8	Alineamiento Vertical.	41
1.1.3.8.1	Gradientes.	42
1.1.3.8.2	Tangentes Verticales.	43
1.1.3.8.3	Curvas Verticales.	44

1.1.3.9	Alineamiento Transversal.	49
1.1.3.9.1	Superficie de Rodamiento.	50
1.1.3.9.2	Espaldones	51
1.1.3.9.3	Taludes.	52
1.1.3.9.4	Cunetas.	52
1.1.3.10	Suelos	53
1.1.3.10.1	Tipos de suelo.	53
1.1.3.10.2	Contenido de Humedad.	54
1.1.3.10.3	Granulometría.	55
1.1.3.10.4	Límites de consistencia	56
1.1.3.10.5	Compactación	58
1.1.3.10.6	Valor Relativo de Soporte Normal del Suelo (CBR).	59
1.1.3.11	Pavimentos.	60
1.1.3.11.1	Tipos de Pavimentos	61
1.1.3.11.2	Estructura de un pavimento.	63
1.1.3.12	Método AASHTO de Diseño.	64
1.1.3.12.1	Periodo de diseño	64
1.1.3.12.2	Tránsito (W_{18}).	65
1.1.3.12.3	Nivel de Confiabilidad (R).	65
1.1.3.12.4	Desviación Estándar de Todas las Variables (So).	66
1.1.3.12.5	Índice de Serviciabilidad (Δ PSI).	67
1.1.3.12.6	Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r).	67
1.1.3.12.7	Determinación de Espesores.	68
1.1.3.12.8	Coefficiente de drenaje.	70
1.1.3.12.9	Espesores mínimos en función de SN.	71
1.2	Objetivos	72
1.2.1	Objetivo General	72
1.2.2	Objetivos Específicos	72
CAPÍTULO II		73
METODOLOGÍA		73
2.1	Materiales y Equipos	73
2.1.1	Materiales	73
2.1.1.1	Pintura en Aerosol.	73

2.1.1.2	Estacas de madera	73
2.1.1.3	Libreta de campo	73
2.1.1.4	Clavos	73
2.1.1.5	Muestra de suelo	74
2.1.2	Equipos	74
2.1.2.1	Combo	74
2.1.2.2	Pala	74
2.1.2.3	Pico	74
2.1.2.4	Banderas	75
2.1.2.5	Flexómetro	75
2.1.2.6	Sacos	75
2.1.2.7	Computadora	75
2.1.2.8	Equipo de Navegación Cinética en Tiempo Real Trimble R10 (RTK)	75
2.1.2.9	Drone	76
2.1.2.10	Receptor de Geoposicionamiento Global (GPS)	76
2.1.2.11	Trípode	76
2.1.3	Equipos para Ensayo de Granulometría	76
2.1.3.1	Juego de tamices	76
2.1.3.2	Tamizadora	77
2.1.3.3	Brocha	77
2.1.3.4	Bandeja	77
2.1.3.5	Balanza Electrónica	78
2.1.4	Equipos para el ensayo Proctor Modificado D	78
2.1.4.1	Moldes	78
2.1.4.2	Martillo	78
2.1.4.3	Probeta	78
2.1.4.4	Palustre	79
2.1.4.5	Enrasador	79
2.1.4.6	Envases para muestra	79
2.1.4.7	Horno	79
2.1.5	Equipos para el Ensayo de los Limites de Atterberg	79
2.1.5.1	Espátula	79

2.1.5.2	Acanalador	80
2.1.5.3	Vidrio	80
2.1.5.4	Mortero	80
2.1.5.5	Cuchara de Casa Grande	80
2.1.6	Equipos para el Ensayo CBR	80
2.1.6.1	Trípode para Dial.	80
2.1.6.2	Placas de metal	81
2.1.6.3	Tanque	81
2.1.6.4	Dial	81
2.1.6.5	Papel fieltro	81
2.1.6.6	Máquina de CBR automática.	81
2.2	Métodos investigativos.	82
2.2.1	Recopilación de información experimental	82
2.2.2	Recopilación de información de Campo	82
2.2.3	Bibliografía Documental	82
2.3	Datos del Proyecto	82
2.3.1	Ubicación Macro del Proyecto	82
2.3.2	Ubicación Meso del Proyecto	83
2.3.3	Ubicación Micro del Proyecto	84
2.4	Plan de Recolección de Datos	85
2.4.1	Muestras de suelo	85
2.4.2	Levantamiento Topográfico	86
2.4.3	Conteo Vehicular	87
2.5	Plan de Procesamiento y Análisis de la Información	87
2.6.1	Plan de Procesamiento de la Información	87
2.6.2	Análisis de la Información	87
CAPÍTULO III		88
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		88
3.1	Análisis y Discusión de Resultado	88
3.1.1	Estudio Topográfico	88
3.1.2	Estudio Vehicular	89
3.1.3	Cálculo del Volumen de Tráfico Futuro	92
3.1.3.1.	Tráfico Actual	92

3.1.3.1.1	Tráfico Existente	92
3.1.3.1.2	Factor Horario de Máxima Demanda de la Hora pico	92
3.1.3.1.3	Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Actual	93
3.1.3.1.4	Tráfico Atraído o Desviado (Tat)	94
3.1.3.2.	Incremento del Tráfico	94
3.1.3.2.1	Crecimiento Normal del Tráfico	94
3.1.3.2.2	Tráfico Generado	96
3.1.3.2.3	Tráfico Desarrollado	96
3.1.3.3.	Tráfico Futuro	97
3.1.4	Clasificación de la Vía	97
3.1.5	Velocidad de Diseño	97
3.1.6	Velocidad de Circulación	97
3.1.7	Diseño Horizontal	98
3.1.7.1	Radio de Curvatura Mínimo	98
3.1.7.2	Sobreancho	98
3.1.7.3	Distancia de Visibilidad de Parada	98
3.1.7.4	Distancia de Visibilidad para Rebasamiento	99
3.1.8	Diseño Vertical	100
3.1.8.1	Gradiente Longitudinal	100
3.1.8.2	Curvas Verticales	100
3.1.8.3.1	Curvas Verticales Convexas	100
3.1.8.3.2	Curvas Verticales Cóncavas	101
3.1.9	Diseño Transversal	101
3.1.9.1	Calzada	101
3.1.9.2	Espaldones	101
3.1.9.3	Cunetas	101
3.1.9.4	Taludes	102
3.1.9.5	Sección Típica	102
3.1.10	Estudio de Suelos	102
3.1.10.1	Contenido de Humedad	102
3.1.10.2	Granulometría	103
3.1.10.3	Límites de Consistencia	106
3.1.10.4	Compactación del Suelo	108

3.1.10.5	California Bearing Ratio (CBR).	110
3.1.11	Cálculo y Diseño del Pavimento	113
3.1.11.1	Periodo de Diseño	114
3.1.11.2	Transito Equivalente (W18)	114
3.1.11.3	CBR de Diseño	117
3.1.11.4	Nivel de Confiabilidad (R)	118
3.1.11.5	Desviación Estándar Normal (Zr).	118
3.1.11.6	Desviación Estándar del Sistema (So).	119
3.1.11.7	Módulo de Resiliencia (Mr).	119
3.1.11.8	Índice de Serviciabilidad (Δ PSI).	119
3.1.11.9	Espesores por Capa	120
3.1.11.10	Espesores de la carpeta y base granular.	124
3.1.11.11	Coefficiente de drenaje para base y subbase (m2, m3).	124
3.1.11.12	Número Estructural (SN).	125
3.1.11.13	Espesor de la Estructura del Pavimento	126
3.1.11.14	Propiedades de los Materiales	128
3.1.12	Presupuesto Referencial	130
3.1.12.1	Análisis de Precios Unitarios	131
3.1.12.2	Rendimiento	131
3.1.12.3	Costos Directos	131
3.1.12.4	Costos Indirectos	132
3.1.12.5	Especificaciones Técnicas	132
CAPITULO IV		134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		134
4.1	Conclusiones	134
4.2	Recomendaciones	135
BIBLIOGRAFÍA		136
ANEXOS		139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tasa de Crecimiento Vehicular	14
Tabla 2: Clasificación De Carreteras En Función Del Tráfico Proyectado	15
Tabla 3: Relación Función, Clase MOP y Tráfico	16
Tabla 4: Tipos de Terreno	17
Tabla 5: Velocidad de Diseño	18
Tabla 6: Relación entre velocidad de diseño y velocidad de circulación.	19
Tabla 7: Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y del coeficiente de fricción lateral “f”	21
Tabla 8: Radios y longitudes mínimas para una espiral según su velocidad de diseño.	28
Tabla 9: Coeficientes de fricción del suelo	30
Tabla 10: Peraltes máximos.	31
Tabla 11: Gradiente Longitudinal (I) Necesaria Para El Desarrollo Del Peralte	33
Tabla 12: Sobreancho mínimo para velocidades de diseño hasta 50 Km/h	37
Tabla 13: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo.	39
Tabla 14: Valores De Diseño De Las Gradientes Longitudinales Máximas (Porcentaje)	42
Tabla 15: Gradiente y longitudes máximas.	43
Tabla 16: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas.	46
Tabla 17: Curvas Verticales Convexas Mínimas.	47
Tabla 18: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas.	48
Tabla 19: Curvas Verticales Cóncavas Mínimas	49
Tabla 20: Anchos de Calzada	50
Tabla 21: Valores De Diseño Para El Ancho De Espaldones (Metros)	51
Tabla 22: Valores De Diseño Recomendables De Los Taludes En Terrenos Planos	52
Tabla 23: Tamaños de muestra.	55
Tabla 24: Tamices.	56
Tabla 25: Plasticidad del suelo.	58

Tabla 26: Especificaciones del Proctor modificado.	59
Tabla 27: Usos del suelo según el CBR	60
Tabla 28: Periodos de diseño	64
Tabla 29: Factor de Distribución por Carril.	65
Tabla 30: Niveles de confiabilidad.	65
Tabla 31: Desviación Normal	66
Tabla 32: Desviación Estándar.	66
Tabla 33: Clasificación de la serviciabilidad.	67
Tabla 34: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular.	70
Tabla 35: Tiempo de Drenaje.	70
Tabla 36: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles	71
Tabla 37: Tamices	77
Tabla 38: Resumen del Conteo Vehicular Semanal	89
Tabla 39: Conteo Manual por Día (Día de mayor circulación vehicular)	91
Tabla 40: Hora Pico	92
Tabla 41: Crecimiento Normal de Tráfico	96
Tabla 42: Contenido de Humedad Natural	103
Tabla 45: Límites de Atterberg Muestra	106
Tabla 46: Tabla Resumen Límites de Atterberg	108
Tabla 47: Ensayo Proctor Modificado Muestra 7	109
Tabla 48: Tabla Resumen Densidad Máxima y Humedad Óptima	110
Tabla 49: Ensayo CBR muestra 7	111
Tabla 50: Tabla Resumen CBR	113
Tabla 51: Factores de Daño Según el Tipo de Vehículo	114
Tabla 52: Ejes Equivalentes W18	116
Tabla 53: Límites de Selección Según los ejes Equivalentes.	117
Tabla 54: CBR de Diseño	117
Tabla 55: Módulos - Carpeta Asfáltica	121
Tabla 56: Coeficientes - Capa Base	122
Tabla 57: Coeficientes – Capa Sub base	124
Tabla 58: Tabla resumen de Datos	125
Tabla 59: Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible Método AASHTO	93
	127

Tabla 60: Límites Granulométricos para sub bases.	129
Tabla 61: Límites Granulométricos para Base Clase 4	129
Tabla 62: Granulometría para los Agregados de la Mezcla Asfáltica	130
Tabla 63: Presupuesto Referencial	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Drone Phantom 4	4
Figura 2:Fotogrametría	5
Figura 3:Representación altimétrica de un relieve mediante curvas de nivel	5
Figura 4:Coordenadas Geográficas.	6
Figura 5:Proyección Mercator cambiar mas grande	7
Figura 6:Distribución de los Husos en el Sistema UTM buscar otro	7
Figura 7:Relación entre los volúmenes horarios más altos del año y el tránsito.	11
Figura 8:Elementos de una Curva Circular Simple.	22
Figura 9:Curva de Transición.	27
Figura 10:Dinámica de un vehículo en una curva	29
Figura 11:Coeficientes de fricción lateral para el proyecto a diferentes velocidades.	30
Figura 12:Desarrollo del Peralte	32
Figura 13:Sobreancho	36
Figura 15:Gráfico de la distancia de visibilidad de rebasamiento.	40
Figura 16:Alineamiento Vertical.	42
Figura 17:Tangente vertical.	43
Figura 18:Curva Vertical y sus elementos.	44
Figura 19:Curva Convexa.	45
Figura 20:Curva Vertical Cóncava.	48
Figura 21:Elementos de una sección transversal de vía.	50
Figura 22:Cuneta	53
Figura 23:Estados del suelo y sus límites de Atterberg.	56
Figura 24:Copa Casagrande y espátula	57
Figura 25:Curva de Compactación.	59
Figura 26:Estructura del pavimento	60
Figura 27:Estructura típica del pavimento flexible.	61
Figura 28: Estructura típica del pavimento rígido	62
Figura 29:Estructura Típica del Pavimento Articulado.	62
Figura 30:Abaco para la determinación del Número Estructural (SN).	69

Figura 31:Relación de espesores con el SN	71
Figura 32:Mapa Político del Ecuador.	83
Figura 33:División de la Provincia de Cotopaxi.	84
Figura 34: Ubicación del Proyecto	85
Figura 35:Estudio Topográfico	88
Figura 36:Curva Granulométrica Muestra 7	104
Figura 37: Límite Líquido Casa Grande Muestra 1	107
Figura 38: Gráfica de Densidad Seca vs Contenido de Humedad	109
Figura 39: Gráficos del CBR	112
Figura 40: Gráfica del CBR de Diseño	118
Figura 41:Coeficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con	120
Figura 42: Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.	122
Figura 43: Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.	123
Figura 44: Cálculo del Número Estructural (SN)	126
Figura 45: Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible	128

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATERIALES	139
ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA	140
ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	142
ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D)	143
ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG	144
ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R	145
ANEXO 7: ESTUDIO TOPOGRÁFICO	146
ANEXO 8: CONTEO VEHICULAR	155
ANEXO 9: ESTUDIO DE SUELOS	162
ANEXO 10: TABLAS DE GRANULOMETRÍA	166
ANEXO 11: TABLAS DE LIMITES DE ATTERBERG	175
<i>ANEXO 12: COMPACTACIÓN DEL SUELO</i>	184
<i>ANEXO 13: ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</i>	193
ANEXO 14: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	211
ANEXO 15 PLANOS	222

RESUMEN

Para el presente proyecto técnico, se propuso como objetivo principal obtener el diseño geométrico y la estructura del pavimento de la vía Pinllopata – El Corazón en el tramo Km 7+900 – Km 11+800, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi, mejorando así la calidad de vida y la actividad socioeconómica del sector.

Para dar inicio al proyecto se realizó una visita y socialización del proyecto, luego se procedió a realizar levantamiento topográfico con ayuda de un dron, esto nos permitió obtener las características existentes de la vía y sus alrededores, siendo estas como ancho de la vía, viviendas y construcciones cercanas a la vía de estudio.

Una vez obtenidas las características del sector se procedió a tomar muestras del suelo para conocer sus propiedades y su calidad, en base a estos resultados obtenidos se diseñó la estructura del pavimento, así como también se realizó el conteo vehicular existente en la vía de forma manual, lo cual nos permitió realizar el diseño geométrico de la misma.

Para finalizar se realizó un presupuesto referencial el cual servirá de base para que los moradores del sector puedan solicitar la ejecución del proyecto, ya que este se encontrará como parte de una colaboración entre el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pangua y la Universidad Técnica de Ambato.

PALABRAS CLAVES: Diseño geométrico, Pavimento, Topografía con Drone, Estudio de tráfico, Ensayos de suelos, Vías.

ABSTRACT

For this technical project, the main objective was to obtain the geometric design and pavement structure of the Pinllopata - El Corazón road in the Km 7 + 900 - Km 11 + 800 section, belonging to the Pangua canton of the Cotopaxi province, thus improving the quality of life and the socioeconomic activity of the sector.

To start the project, a visit and socialization of the project was carried out, then a topographic survey was carried out with the help of a drone, this allowed us to obtain the existing characteristics of the road and its surroundings, these being the width of the road, houses and constructions close to the study path.

Once the characteristics of the sector were obtained, soil samples were taken to find out its properties and quality, based on these results obtained, the pavement structure was designed, as well as the existing vehicular count on the road was carried out manually. , which allowed us to make the geometric design of it.

Finally, a referential budget was made which will serve as the basis for the residents of the sector to request the execution of the project, since it will be found as part of a collaboration between the Autonomous Decentralized Government of Pangua and the Technical University of Ambato.

KEY WORDS: Geometric design, Pavement, Drone Topography, Traffic study, Soil tests, Roads.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1. Tema Técnico

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

La parroquia de Pinllopata tiene una extensión de 2900 hectáreas, su población consta de indígenas y mestizos los cuales se dedican a la ganadería, pero mayormente a la agricultura entre los productos se encuentran: frejol, mora, maíz, caña de azúcar, papas, habas, granadillas, trigo, cebada y habilla.

La economía del lugar se ve afectada directamente por la comercialización de los productos agrícolas de la zona y sus derivados, por tal razón los moradores del sector que se encuentran dispersos a lo largo de la vía existente no cuentan con una carretera que sea cómoda y segura, ya que ahí existe solo una vía lastrada y en mal estado, lo que ocasiona que los productores tengan un elevado costo de transporte por el tiempo que toma llevar sus productos a los mercados.

El transporte que circula por la vía son motocicletas, camionetas y buses interprovinciales, además los moradores usan los caballos como forma alternativa de transporte por el mismo hecho de las condiciones de la vía. El sector también cuenta con muchos lugares con potencial turístico el cual no es explotado dado que no se conoce por el hecho de que no se cuenta con vías de acceso para todos los tipos de vehículos.

La educación en el sector de Pinllopata es compleja debido a que los estudiantes que residen a lo largo de la vía hasta la Parroquia El corazón deben trasladarse desde sus casas a la institución educativa por tramos de vía que no cuenta con las seguridades que esta requiere para evitar posibles riesgos.

1.1.2 Justificación

La necesidad del ser humano desde la antigüedad siempre se ha basado en tratar de comunicarse ya sea para la satisfacción de sus necesidades o comercialización de sus productos para lo cual se ha vuelto indispensable la construcción de vías óptimas para un adecuada conexión entre una ciudad a otra, cuyo objetivo es la obtención de vías económicas, seguras y perdurables.[1]

Para crear un diseño que sea acorde con el ambiente este debe estar guiado por la normativa vigente en el país MTOP 2003, asegurando la integridad de sus usuarios, para lo cual se debe considerar los siguiente.[2]

A. Seguridad. Es la más importante en el diseño geométrico de una vía, esta debe ser simple y uniforme, tener una buena visibilidad, siendo principalmente la de parada, también tener una señalización tanto en horizontal como en vertical la cual estará lista antes de poner en funcionamiento a la vía.[2]

B. Comodidad. Al igual que en la seguridad, la comodidad debe ser simple y uniforme ya que las velocidades, aceleraciones y desaceleraciones disminuyen considerablemente. En caso de no lograr tener una vía uniforme, se buscará que la curvatura de la vía tenga transiciones adecuadas para que los usuarios se sientan cómodos con esta.[2]

C. Funcionalidad. Para que una vía sea funcional los vehículos que en ella transitan deben ir a velocidades adecuadas generando de esta manera una buena movilidad, el volumen y la composición vehicular que son parte de las propiedades del tránsito, la capacidad y el tipo de vía determina la funcionalidad de la misma.[2]

D. Estética. La obra vial debe cumplir dos puntos de vista como son: que la obra se adapte al paisaje que la rodea y que sea agradable a la vista del usuario. Con el fin de evitar accidentes, la obra vial no deberá causar distracciones ni cansancio en el conductor.[2]

E. Elasticidad. La vía debe proyectarse hacia el futuro logrando así predecir posibles cambios en su estructura, como ampliaciones, integración de otras vías y también interactuar con otros medios de transporte como es el fluvial, aéreo y férreo.[2]

F. Entorno. La vía debe ser amigable con el medio ambiente siendo así que al momento de construirla no genere un impacto ambiental significativo en el entorno.[2]

G. Economía. Se debe buscar tener un equilibrio entre costo y mantenimiento de la vía, siendo este el menor, sin descuidar los demás criterios teniendo así una armonía entre aspectos económicos, ambientales y técnicos del proyecto. [2]

Este rediseño solucionaría los graves inconvenientes de tráfico que presenta actualmente el uso de la vía, especialmente en temporadas de lluvias fuertes y continuas que ocasionan que la vía quede sumergida bajo agua en ciertos tramos. El diseño de la estructura del pavimento es el aspecto más relevante en la vialidad [3]. De igual manera, con la pavimentación de la vía se hace un aporte al mejoramiento de la imagen la población que es atractivo turístico. Por otra parte, se brinda comodidad a los vehículos que transiten y que no sufran las consecuencias de una vía en mal estado.

1.1.3 Fundamentaciones Teórica

1.1.3.1 Topografía

Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir; estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.[4]

1.1.3.1.1 Levantamiento topográfico

Un levantamiento es el que se encarga de un grupo de operaciones que se realizan en el campo de trabajo para la obtención de información física (puntos, líneas y polígonos), estos se representaran en un plano basándose en sistemas de información geográfica. Para que un levantamiento se considere topográfico este no debe tener una

extensión mayor a 50 Km, así no se considera la influencia de la curvatura de la tierra, caso contrario se debe considerar un levantamiento geodésico el cual si considera la curvatura de la tierra.[5]

1.1.3.1.2 Topografía con Drone

Un Drone es una aeronave no tripulada, portátil, autónoma que poseen varios sensores los cuales nos proporcionan información vital al momento de realizar un levantamiento topográfico. El tiempo de vuelo aproximado de un Drone es de entre 30 a 40 minutos. [6]

La tecnología DRONE, en la ingeniería civil y en la ciencia de la topografía tiene un amplio campo de acción y es de gran utilidad. Los datos obtenidos por los sensores se pueden usar para crear mapas catastrales por medio de la digitalización de las ortofotografía georreferenciadas, para lo cual se puede usar los programas AutoCAD, ArcGIS o cualquier cliente SIG.[6]

Figura 1:Drone Phantom 4



Fuente: <https://guiadrones.com/reviews/modos-de-vuelo-inteligentes-del-dron-phantom-4/>

1.1.3.1.3 Fotogrametría

Es la técnica que consiste en estudiar y definir con exactitud la dimensión, forma y posición en el espacio de un objeto cualquiera por medio de fotografías. Al utilizar esta técnica se obtiene información sobre la geometría del objeto es decir información bidimensional. Si tenemos dos fotos de la zona se puede tener una visión

estereoscópica o información tridimensional. Esta técnica es usada para representar cartografías, ortofotografías, etc.[6]

Figura 2:Fotogrametría

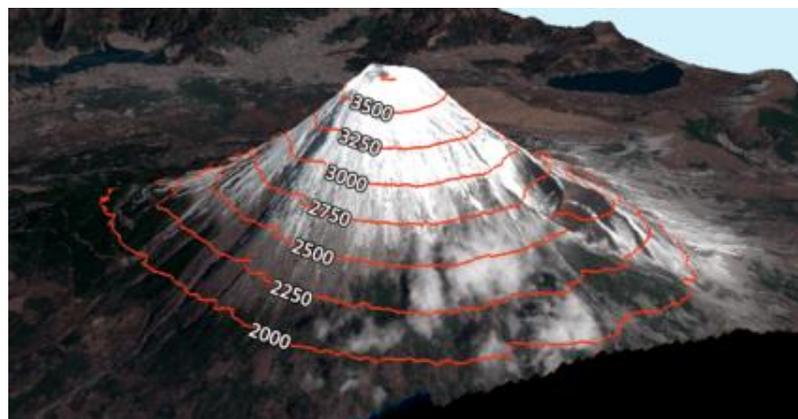


Fuente: <http://fotogrametriaaplicacioningamb.blogspot.com/2015/09/>

1.1.3.1.4 Curvas de nivel

Para graficar un relieve usamos un ejercicio el cual nos permite cortar el terreno en un grupo de planos equidistantes, es como si a una montaña la transformáramos en una pirámide escalonada. Las secciones de los planos imaginarios con el terreno son las curvas de nivel. Al unir los puntos que se encuentran a la misma cota altitudinal del todo el mapa topográfico se generan las líneas llamadas curvas de nivel.[7]

Figura 3:Representación altimétrica de un relieve mediante curvas de nivel



Fuente: Manual de técnicas de montaña e interpretación de la naturaleza

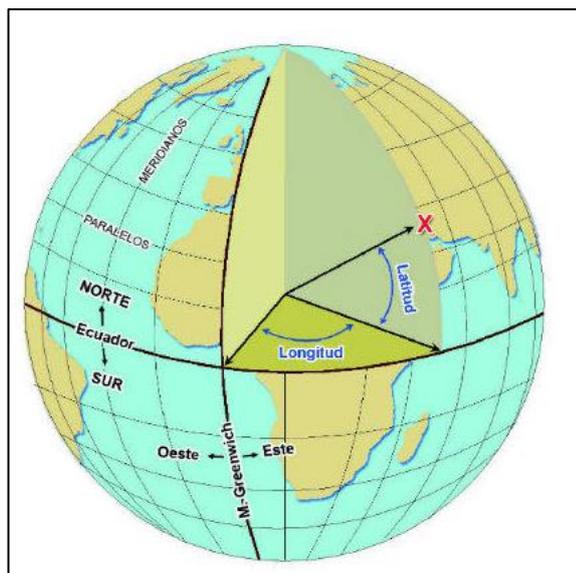
1.1.3.1.5 Sistema de coordenadas

En nuestra vida cotidiana es necesario realizar un ejercicio continuo de localización e interpretación cartográfica, para lo cual usamos sistemas de coordenadas, los cuales no son más que sistemas de referencia de dos o tres dimensiones.[7]

1.1.3.1.5.1 Sistema de coordenadas geográficas

Es un sistema de coordenadas que sirve para expresar la posición de un punto ubicado en la superficie de la tierra usando mediciones esféricas de latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste). La longitud se mide con respecto al meridiano de Greenwich, también conocido como origen y la latitud se mide con respecto al Ecuador o también conocido como paralelo origen.[7]

Figura 4:Coordenadas Geográficas.



Fuente: <http://www.barcelonaworldrace.org>

1.1.3.1.5.2 Sistema de coordenadas UTM

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) usa como principio la proyección MERCATOR, la cual es un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el Ecuador.[8]

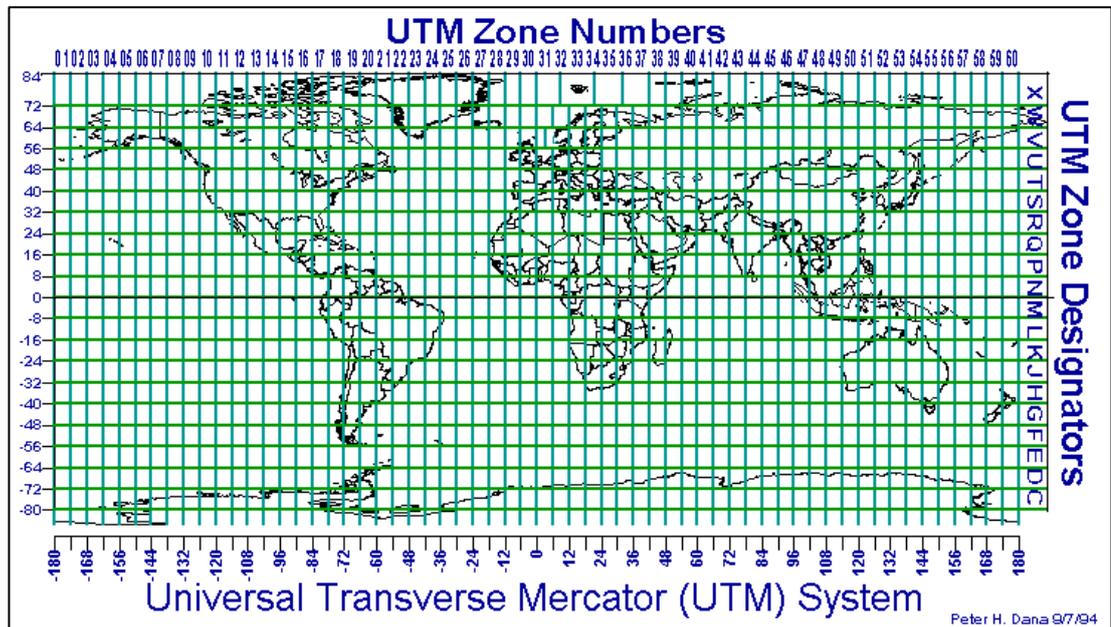
Figura 5:Proyección Mercator cambiar mas grande



Fuente: I. A. Fernández-Coppel, “Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM,” Universidad de Valladolid, 2001.

El sistema UTM está ubicado dentro de este cilindro el cual divide al globo en 60 husos, y para expresar las coordenadas estas se debe hacer con (x) e (y) considerando que sus magnitudes son en metros.[8]

Figura 6:Distribución de los Husos en el Sistema UTM buscar otro



Fuente: I. A. Fernández-Coppel, “Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM,” Universidad de Valladolid, 2001.

1.1.3.2 Tráfico

El tráfico es la capacidad o volumen máximo de vehículos que podrían circular por una vía. El tráfico determina cual va a ser el tipo de vía usando las características geométricas del diseño, se considerará el tipo de vehículo y peso del mismo, así como también el volumen de vehículos por hora al día y vehículos por día del año.[9]

1.1.3.2.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Es el equivalente al valor promedio de los flujos vehiculares diarios correspondientes a un año calendario. Entonces para obtener el TPDA el procedimiento más efectivo es realizar mediciones continuas automáticas durante todo el año calendario, en caso contrario que las mediciones no se puedan efectuar durante todo el año, se deberá realizar mediciones muestrales, las cuales nos permiten obtener un TPDA aproximado.[9]

Para el cálculo del TPDA se debe considerar lo siguiente:

En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será el contado en ese sentido.[9]

En vías de dos sentidos de circulación, se tomara el volumen de tráfico en las dos direcciones.[9]

Para el caso de Autopistas, generalmente se calcula el TPDA para cada sentido de circulación, ya que en ella interviene lo que se conoce como FLUJO DIRECCIONAL que es el 1% de vehículos en cada sentido de la vía: esto, determina composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en un mismo periodo.[9]

1.1.3.2.2 Tipos de conteo

Manuales: Son irremplazables por proveer información sobre la composición del tráfico.[9]

Automáticos: Permiten conocer el volumen total del tráfico, estos siempre deben ir acompañados de conteos manuales para así definir la composición del tráfico. Con este tipo de conteo se debe tener cuidado al calibrarlo porque cuenta pares de ejes, es decir, por cada dos impulsos registran un vehículo.[9]

1.1.3.2.3 Factores de variación de tráfico

Se conoce como factores de variación aquellos que nos permiten relacionar las observaciones actuales y puntuales de tráfico de los datos estadísticos obtenidos, llegando así a obtener el TPDA del año de estudio.[9]

Factor Horario (FH): nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen diario promedio.[9]

Factor Diario (FD): transforma el volumen de tráfico diario promedio en Volumen semanal promedio.[9]

Factor Semanal (FS): transforma el volumen semanal promedio de tráfico en volumen mensual promedio.[9]

Factor Mensual (FM): transforma el volumen mensual promedio de tráfico en tráfico promedio diario anual (TPDA).[9]

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM \quad \text{Ec 1.1}$$

Donde:

$T_0 = \text{tráfico observado}$

1.1.3.2.4 Volumen Horario Máximo Anual (VHMA)

Es el máximo volumen horario que pasa por un punto o sección transversal de una vía durante un año, es decir, 1 de 8760 horas en la que se registra el mayor volumen de tráfico.[10]

1.1.3.2.5 Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos, representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día.[10]

1.1.3.2.6 Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD)

El valor que se obtiene en el volumen horario de máxima demanda (VHMD), no siempre es constante a en el transcurso de toda la hora, por lo tanto existen periodos al interior de la hora donde las tasas de flujo son mayores a las de la hora misma.[10]

Entonces para definir esas variaciones de volúmenes de tráfico en la hora de máxima demanda (VHMD) se utiliza el factor horario de máxima demanda (FHMD) el cual no es más que una relación matemática entre el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo, y su fórmula se expresa de la siguiente manera.[10]

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})} \quad \text{Ec 1.2}$$

Donde:

FHMD = Factor horario de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

q_{max} = Flujo vehicular máximo.

Dentro de la hora de máxima demanda pueden existir periodos que están comprendidos entre 5,10 y 15 minutos.[10]

1.1.3.2.7 Volumen Horario del Proyecto (VHP)

Se le conoce también como volumen horario de diseño, corresponde a un volumen proyectado que se utiliza para determinar las características de la vía. El volumen de proyecto no considera al volumen máximo horario porque la vía alcanzaría un elevado costo de inversión, así como también por estudios realizados en varios países tampoco resulta económico diseñar la vía con un volumen horario que sea mayor al volumen trigésimo anual, estipulando así que el volumen de diseño es el volumen trigésimo anual.[10]

1.1.3.2.8 Relación entre el Volumen Horario de Proyecto (VHP) y el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Podemos elaborar una lista con todos los volúmenes horarios de una vía en el transcurso del año, al ordenar esos volúmenes de forma descendente obtendremos los volúmenes de 10ma, 20ava, 30ava, ... 100ava hora de máximo volumen, se puede calcular un factor de relación "k" entre el volumen de la n-ava hora y el TPDA. Si sabemos que el volumen del proyecto es la 30ava hora de máximo volumen se puede obtener la siguiente fórmula.[10]

$$k = \frac{30VH}{TPDA} \Rightarrow VPH = k * (TPDA) \quad \text{Ec 1.3}$$

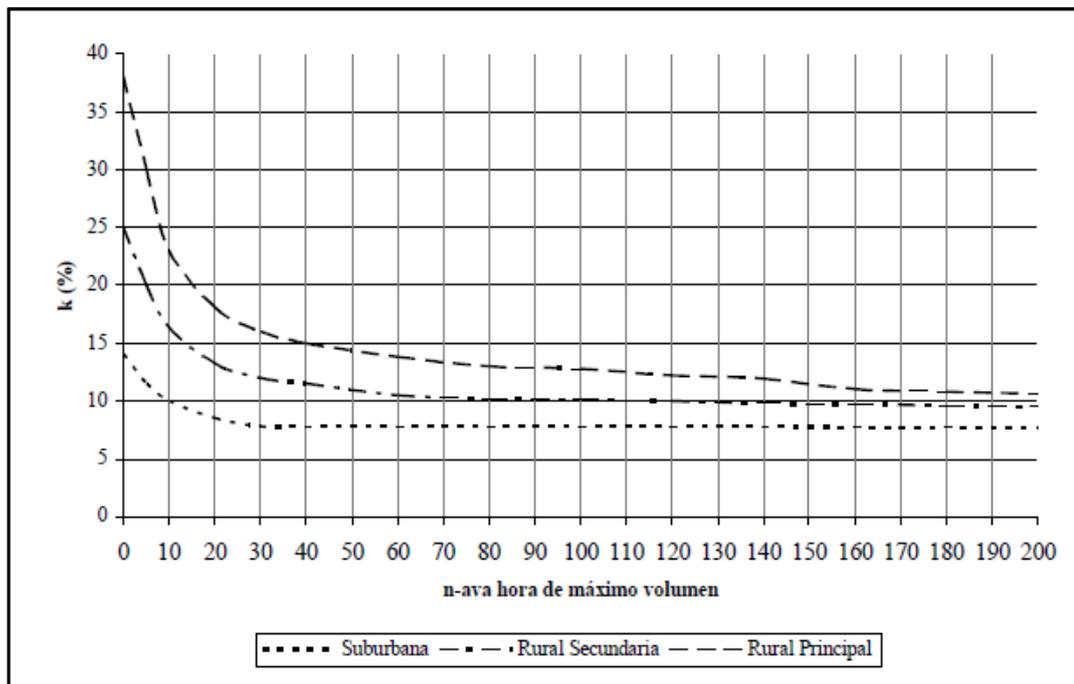
Donde:

VHP = Volumen Horario de Proyecto (30VH).

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual (del año del proyecto).

k = Valor esperado de la relacion entre el VH y el TPDA.

Figura 7:Relación entre los volúmenes horarios más altos del año y el tránsito.



Fuente: J. G. T. ARANDIA and R. D. V. BALTA, Apoyo Didáctico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Ingeniería De Tráfico, Primera. Cochabamba-Bolivia, 2006.

1.1.3.2.9 Tráfico Futuro (TF)

Se lo puede definir como el pronóstico del volumen y composición del tráfico el cual está basado en el tráfico actual. Para poder diseñar vías debemos considerar una predicción del tráfico de 15 o 20 años, además del crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo.[9]

El MTOP-2003 nos recomienda usar la siguiente fórmula para el cálculo del tráfico futuro:

$$TF = TA + IT \quad \text{Ec 1.4}$$

$$TF = (Te + Tat) + (CNT + Tg + Td) \quad \text{Ec 1.5}$$

En donde:

TF = Tráfico futuro

TA = Tráfico Actual

IT = Incremento del Tráfico

Te = Tráfico existente

Tat = Tráfico atraído o desviado

CNT = Crecimiento normal del tráfico

Tg = Tráfico generado

Td = Tráfico por desarrollo.

1.1.3.2.9.1 Tráfico Actual (TA)

Se define como la cantidad de vehículos que circulan sobre la vía antes de que esta se mejore, o también es el volumen que podría circular en una vía nueva si esta estuviese en servicio.[9] Para calcular el tráfico actual se debe usar la siguiente fórmula:

$$TA = Te + Tat \quad \text{Ec 1.6}$$

Tráfico existente (Te) .- es el tráfico que circula por la vía antes de un mejoramiento de la misma, este lo determinan los estudios de tráfico.[9]

Tráfico Desviado (Tat).- Es aquel que se ve atraído a la vía desde otras vías cercanas a causa de que se puede ahorrar tiempo, distancia y costos de transporte.[9] Según el MOP – 2003 para calcularlo se debe usar la siguiente fórmula:

$$Tat = n\% * TPDA_2 \quad \text{Ec 1.7}$$

En donde:

Tat = Tráfico atraído o desviado.

n% = Es un porcentaje probable de vehículos provenientes de vías secundarias o adyacentes a la del proyecto.

TPDA₂ = Es el Tráfico Promedio Diario Anual actual de una vía secundaria o adyacente al proyecto.

1.1.3.2.9.2 Incremento de Tráfico (IT)

Es el volumen de tránsito que se espera tener en la vía, y que está compuesto por el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el tráfico desarrollado.[9] Se puede condensar en la siguiente fórmula:

$$IT = CNT + Tg + Td \quad \text{Ec 1.8}$$

Crecimiento Normal del Tráfico (CNT). - Este se basa en la necesidad de los seres humanos de usar vehículos, lo cual va de la mano con el incremento poblacional que afecta al área de influencia de estudio de la vía. Según el MTOP-2003 su fórmula es:

$$CNT = TA(1 + i)^n \quad \text{Ec 1.9}$$

En donde:

TA = Tráfico actual.

i = Tasa de crecimiento vehicular, expresada en %.

n = Periodo del proyecto.

Tabla 1: Tasa de Crecimiento Vehicular

PERIODO	TIPO DE VEHÍCULOS		
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010 – 2015	4.47	2.22	2.18
2015 – 2020	3.97	1.97	1.94
2020 – 2025	3.57	1.78	1.74
2025 – 2030	3.25	1.62	1.58

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Tráfico Generado.- Esta conformado por el número de viajes que se realizarían si se ejecutan las mejoras propuestas, generalmente este se produce a los dos años de terminar las mejoras o apertura de la nueva vía.[9] Según el MTOP-2003 su fórmula es:

$$Tg = 0.20 * TA \quad \text{Ec 1.10}$$

Donde:

Tg = Tráfico generado

TA = Tráfico actual.

Tráfico Desarrollado. - Es aquel tráfico que se produce al considerar áreas de explotación recientes o por aumentar la producción de tierras que afectan al área de influencia de la vía. Este tipo de tráfico puede aumentar durante parte o todo el periodo de estudio, y generalmente se lo considera cuando la carretera entra en servicio.[9] Su fórmula está dada por:

$$Td = 0.05 TA \quad \text{Ec 1.11}$$

Donde:

Td = Tráfico desarrollado.

TA = Tráfico actual.

1.1.3.3 Carretera

Es una estructura vial la cual está delimitada por una faja de terreno denominada derecho de vía, la cual tiene como objetivo permitir la movilidad de los vehículos de

manera constante en un determinado espacio y tiempo, siendo así confiable y cómoda.[11]

En un proyecto integral para una carretera, el diseño geométrico es la parte fundamental, porque dentro de este se define la configuración geométrica tridimensional, asegurando así que la vía sea cómoda, estética, económica y amigable con el medio ambiente.[11]

1.1.3.4 Clasificación de las carreteras

Para el diseño de vías se aconseja clasificarlas en función de la predicción del tráfico para un periodo de 15 o 20 años.[9] Se puede resumir en la siguiente tabla.

Tabla 2: Clasificación De Carreteras En Función Del Tráfico Proyectado

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO (TPDA*)
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista.	

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.4.1 Clase de carretera

El MOP-2003 en el Ecuador dice que para clasificar las carreteras se debe basar en el volumen de tráfico y en número de calzadas requeridas, mas no en función jerárquica.[9] La siguiente tabla muestra la relación entre la función jerárquica y la clasificación del MOP.

Tabla 3: Relación Función, Clase MOP y Tráfico

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

Notas:
 (1) De acuerdo con el nivel de servicio aceptable al final de su vida útil.
 (2) RI-RII- Autopistas

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.4.2 Clasificación de las Carreteras de acuerdo con su Función Jerárquica

Corredores Arteriales

Este tipo de carreteras pueden ser de dos tipos; de calzada separada o autopista y de calzada única o de Clase I y II. En las carreteras que se consideran autopistas se tendrá control total de quienes la usan, llegando incluso a prohibir el ingreso a cierta clase de usuarios y de vehículos. Las carreteras (Clase I y II) conforman la mayoría de las vías, en estas se suele tener uno o dos carriles que sirven para la circulación de vehículos.[9]

Vías Colectoras

Son las vías de clase I, II, III y IV y que de acuerdo con su importancia se destinan a recolectar el tráfico de los caminos vecinales de los poblados que no se encuentran dentro del sistema arterial nacional.[9]

Caminos Vecinales

Son las vías de clase IV y V que acogen a todos los caminos rurales que no se incluyen en las denominaciones anteriores.[9]

1.1.3.4.3 Según el tipo de terreno

Se las puede clasificar según su topografía que domina en el tramo de estudio. Por ello que a lo largo de una vía se pueden presentar tramos uniformes de diferentes tipos de terrenos.[11]

Tabla 4: Tipos de Terreno

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE TRANSVERSAL	GRADIENTE LONGITUDINAL
PLANO (P)	< 5°	< 3%
ONDULADO (O)	6° - 12°	3% - 6%
MONTAÑOSO (M)	13° - 40°	6% - 8%
ESCARPADO (E)	> 40°	> 8%

Fuente: “Diseño Geométrico de Carreteras”, J. Grisales (2013)

Carreteras en terreno plano: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.[11]

Carreteras en terreno ondulado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por intervalos de tiempo prolongado.[11]

Carreteras en terreno montañoso: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidades sostenidas en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.[11]

Carreteras en terreno escarpado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.[11]

1.1.3.5 Velocidad de Diseño

Es la máxima velocidad que puede tener un vehículo al circular por una carretera con seguridad en condiciones climáticas favorables, así como también una adecuada condición de tránsito. Para seleccionar la velocidad de diseño debemos tomar en

cuenta las condiciones físicas y topográficas del terreno, la importancia de la vía, los volúmenes del tránsito y el uso de la tierra, procurando así que el valor que obtengamos sea óptimo para la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Esta velocidad nos ayuda a calcular los elementos geométricos de la vía en su alineamiento horizontal y vertical.[9]

Tabla 5: Velocidad de Diseño

Categoría de la vía	TPDA esperado	Velocidad de diseño km/h											
		Básica				Permisible en tramos difíciles							
		Relieve llano				Relieve ondulado				Relieve montañoso			
		Para el cálculo De los elementos Del Trazado Del perfil longitudinal.		Para el Cálculo De los elementos De la Sección transversal Y otros pendientes De la velocidad.		Para el cálculo De los elementos Del Trazado Del perfil Longitudinal		Para el cálculo De los elementos de la sección transversal y otros pendientes de la velocidad.		Para el cálculo De los elementos Del Trazado Del perfil longitudinal		Para el cálculo De los elementos de la sección transversal y otros pendientes de la velocidad.	
R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A
RI O RII	>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Nota:
- Los valores recomendables se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite superior de la respectiva categoría de la vía.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía y/o el relieve es difícil o escarpado.
- Para la categoría IV y v orden en caso de que el relieve es escarpado se podrá reducir la Vd. Mínimo a 20 km/h.

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.5.1 Velocidad de Circulación (Vc)

Se define como la velocidad real con la que un vehículo circula por un tramo específico de vía, esta se obtiene al dividir la distancia que recorre el vehículo entre el tiempo que tarda su circulación; o también es igual a la sumatoria de las distancias recorridas de todos los vehículos dividida para la sumatoria de los tiempos de recorrido correspondientes.[9]

1.1.3.5.2 Relación Velocidad de Diseño con la Velocidad de Circulación.

Se conoce que la relación general entre la velocidad de circulación y la velocidad de diseño es que, la velocidad de circulación disminuye cuando el volumen de tránsito aumenta debido a la interferencia entre los vehículos.[9]

Tabla 6: Relación entre velocidad de diseño y velocidad de circulación.

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

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.6 Diseño del Alineamiento Horizontal.

Se define como la proyección del eje real de la vía en un plano horizontal, el cual está compuesto por tangentes y curvas, siendo estas últimas circulares o de transición según sea su utilidad. Este tipo de alineamiento requiere de factores importantes como : la topografía, las características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y la calidad de los materiales del sitio.[9]

1.1.3.6.1 Tangentes

Se denomina así a la proyección de una recta que une dos curvas, representadas en un plano horizontal. Al alargar dos tangentes contiguas se forma un punto de intersección al cual nombraremos PI, así como también se forma un ángulo al cual conoceremos como alfa (α).[9]

1.1.3.6.2 Curvas Circulares.

Se definen como arcos de círculos que se usan para representar la proyección horizontal de las curvas que se forman al unir dos tangentes contiguas, estas pueden ser simples o compuestas.[9] Tienen dos componentes característicos principales que son:

Grado de curvatura. - Es un ángulo que está constituido por un arco de 20 metros. El valor máximo del grado de curvatura es el que nos deja transitar con seguridad la curva teniendo un peralte máximo a la velocidad de diseño.[9] Su fórmula es:

$$\frac{Gc}{20} = \frac{360}{2\pi R} \Rightarrow Gc = \frac{1145,92}{R} \quad \text{Ec 1.12}$$

Donde:

Gc = Grado de curvatura

R = Radio de curvatura

Radio de curvatura.- Se define como el radio de la curva circular y su símbolo es “R”. [9] Su fórmula en función del grado de curvatura viene dada por:

$$R = \frac{1145,92}{Gc} \quad \text{Ec 1.13}$$

1.1.3.6.2.1 Radio Mínimo de Curvatura Horizontal.

Se define como el valor más pequeño el cual posibilita la seguridad del tránsito con una velocidad de diseño que está en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral.[9] Para tener seguridad el radio mínimo (R) debe calcularse con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad \text{Ec 1.14}$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal en metros (m).

V = Velocidad de diseño en (Km/h).

f = Coeficiente de fricción lateral.

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

Según el MOP-2003 existen algunos criterios para tomar los valores de radio mínimo.[9]

- Cuando la topografía del terreno es montañosa escarpada.[9]
- En las aproximaciones a los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos.[9]
- En intersecciones entre caminos entre sí.[9]
- En vías urbanas.[9]

También nos presenta una tabla en la cual se detalla los valores mínimos recomendables para los radios de curvas horizontales.[9]

Tabla 7: Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y del coeficiente de fricción lateral “f”

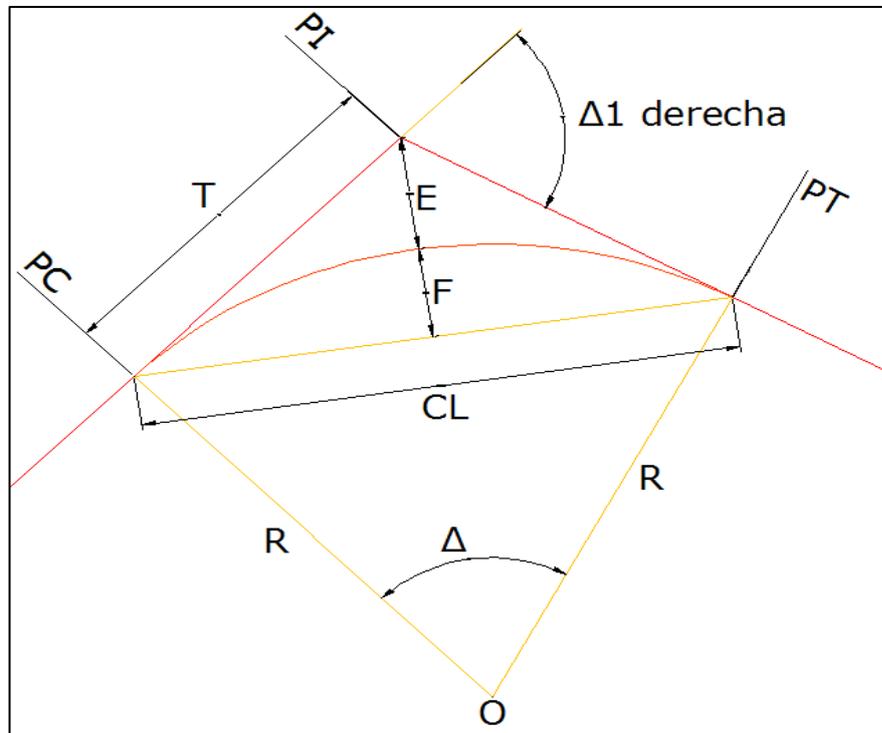
Velocidad de diseño Km/h	“f” Máximo	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		e				e			
		10 %	8%	6%	4%	10 %	8%	6%	4%
20	0.350		7.32	72.68	8.08		18	20	20
25	0.315		12.46	13.12	13.86		20	25	25
30	0.284		19.47	20.60	21.87		25	30	30
35	0.255		28.79	30.62	32.70		30	35	36
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	45	50
45	0.206		55.75	59.94	64.82		58	60	66
50	0.190		72.91	78.74	85.59		75	80	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.130	342.35	374.95	414.42	463.18	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	566.39	629.92	708.66	520	570	630	710

Nota: Se podrá utilizar un radio mínimo de 15 m cuando se trate de:
 Aprovechar la infraestructura existente
 Relieve difícil (Escarpado)
 Caminos de bajo costo

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.6.2.2 Elementos de una Curva Circular Simple.

Figura 8:Elementos de una Curva Circular Simple.



Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 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.

Δ_c = 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 o Subtangente.

E = External.

M = Ordenada media.

C = Cuerda.

CL = Cuerda larga.

l = Longitud de un arco.

l_c = Longitud de la curva circular.

Ángulo Central. - Es un ángulo que se forma a causa de la curva circular, su símbolo es “α”. Este ángulo es igual a la deflexión de las tangentes solo en las curvas simples.[9]

Longitud de la curva.- Es una longitud de arco que se encuentra comprendida entre el punto de inicio de la curva simple (PC) y el punto final de la curva simple (PT), su simbología es “l_c”. [9] Su fórmula viene dada por:

$$\frac{l_c}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360} \Rightarrow l_c = \frac{\pi R \alpha}{180} \quad \text{Ec 1.15}$$

Donde:

l_c = Longitud de la curva.

R = Radio de la curva circular simple.

Tangente de Curva o Subtangente.- Se denomina como la distancia que existe entre el punto de intersección (PI) con el punto de inicio de la curva (PC) o entre el punto de intersección (PI) con el punto final de la curva (PT), medida sobre el alargamiento de las tangentes, y su símbolo es “T”. [9] Su fórmula se expresa así:

$$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{Ec 1.16}$$

Donde:

T = Tangente de curva.

R = Radio de curvatura.

α = Ángulo de deflexión o ángulo central.

External.- Se denomina como la longitud mínima entre la curva y el punto de intersección de las tangentes (PI), su símbolo es “E”. [9] Su fórmula se expresa así:

$$E = R \left[\sec \left(\frac{\alpha}{2} \right) - 1 \right] \quad \text{Ec 1.17}$$

Donde:

E = External.

R= Radio de curvatura.

α = Ángulo de deflexión de las tangentes.

Ordenada Media.- Se denomina como la distancia de la flecha en el punto medio de la curva, su símbolo es “M”. [9] Su fórmula está dada por:

$$M = R - R \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad \text{Ec 1.18}$$

Donde:

M = Ordenada media.

R= Radio de curvatura.

α = Ángulo de deflexión de las tangentes.

Deflexión en un punto cualquiera de la curva.- Se denomina como el ángulo del alargamiento de la tangente PC y la tangente de un punto considerado, su símbolo es “ θ ”. [9] Su fórmula está dada por:

$$\theta = \frac{Gc * l}{20} \quad \text{Ec 1.19}$$

Donde:

θ = Deflexión en un punto cualquiera de la curva.

Gc = Grado de curvatura.

l = Longitud de arco

Cuerda.- Se denomina así a una recta que se encuentra entre dos puntos cualquiera de la curva, su símbolo se denota por “C”. [9] Su fórmula está dada por:

$$C = 2 * R * \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \text{Ec 1.20}$$

Donde:

C = Cuerda.

R = Radio de curvatura.

θ = Deflexión en un punto cualquiera de la curva.

Cuerda Larga.- Se denomina así a la cuerda que se forma al unir el PC y el PT, y su símbolo es “CL”. [9] Su fórmula se expresa así:

$$CL = 2 * R * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{Ec 1.21}$$

Donde:

CL = Cuerda larga.

R = Radio de curvatura.

α = Ángulo de deflexión de las tangentes.

Ángulo de la cuerda. - Se denomina así al ángulo que se forma entre el alargamiento de la tangente de la vía y la curva, su símbolo es “ ϕ ”. [9] Su fórmula se expresa así:

$$\phi = \frac{\theta}{2} \quad \text{Ec 1.22}$$

Donde:

θ = Deflexión en un punto cualquiera de la curva.

ϕ = Ángulo de la cuerda.

También a esta ecuación la podemos expresar en función del grado de curvatura:

$$\phi = \frac{Gc * l}{40} \quad \text{Ec 1.23}$$

Donde:

\emptyset = Ángulo de la cuerda.

Gc = Grado de curvatura.

l = Longitud de arco

Además, para el cálculo del ángulo de una cuerda larga se usa la siguiente ecuación:

$$\phi = \frac{Gc * Lc}{40} \quad \text{Ec 1.24}$$

Donde:

\emptyset = Ángulo de la cuerda.

Gc = Grado de curvatura.

Lc = Longitud de la curva circular.

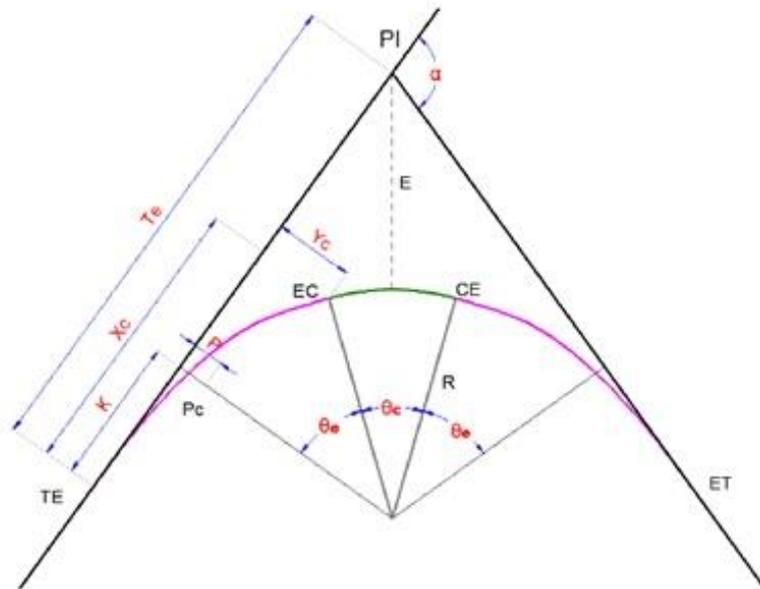
1.1.3.6.2.3 Curvas de Transición.

Se definen como las que permiten la unión de las tangentes con las curvas circulares de una forma gradual, lo cual posibilita un desarrollo adecuado del peralte y del sobreebancho. Este tipo de curvas tiene como característica principal la de disminuir de manera continua el valor del radio de curvatura, comenzando en el infinito de la tangente hasta coincidir con el radio de la curva circular, este incremento será constante en el radio de curvatura, así como también en la aceleración centrífuga.[9]

Clotoide o Espiral de Euler.- Este tipo de espirales son las más adecuadas para usar en curvas de transición, siendo así que tienen la misma forma pero difieren en su longitud.[9] Se define como una curva plana que tiene como inicio la tangente de la vía y que al distanciarse su radio de curvatura va disminuyendo mientras más se aleja del origen.[2]

Elementos Característicos Principales de una Curva de Transición.

Figura 9: Curva de Transición.



Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Donde:

TE = Cambio de tangente a transición.

EC = Cambio de transición a curva circular.

CE = Cambio de la curva circular a la siguiente transición.

ET = Cambio de transición a la siguiente tangente.

R = Radio de la curva de transición.

Rc = Radio de la curva circular.

Longitud de la espiral.- Es la distancia medida sobre la curva que se encuentra comprendida entre el punto final de la tangente hasta el punto de inicio de la curva circular (TE - EC) o también entre el final de la curva circular y el inicio de la tangente contigua (CE – ET), su símbolo es “ Le”. [9] La fórmula para la longitud mínima se expresa de la siguiente manera:

$$L_e = 0.072 \frac{V^3}{R * C} \quad \text{Ec 1.25}$$

Donde:

L_e = Longitud mínima de la espiral medida en (m)

V = Velocidad de diseño medida en (Km/h)

R = Radio de la curva circular medida en (m)

C = Coeficiente de comodidad y seguridad. Varía entre 1 y 3, (1 es para mayor confort y seguridad).

Para efectos de diseño que considere un confort y seguridad de nivel medio ($C = 2$), podemos usar la siguiente tabla que nos proporciona la MOP-2003.

Tabla 8: Radios y longitudes mínimas para una espiral según su velocidad de diseño.

V (Km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
R_{\min}	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
$L_{e_{\min}}$	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Longitud Mínima de Transición Absoluta. - Por propósitos prácticos se hace uso de la siguiente fórmula:

$$L_e = 0.56 V \quad \text{Ec 1.26}$$

Donde:

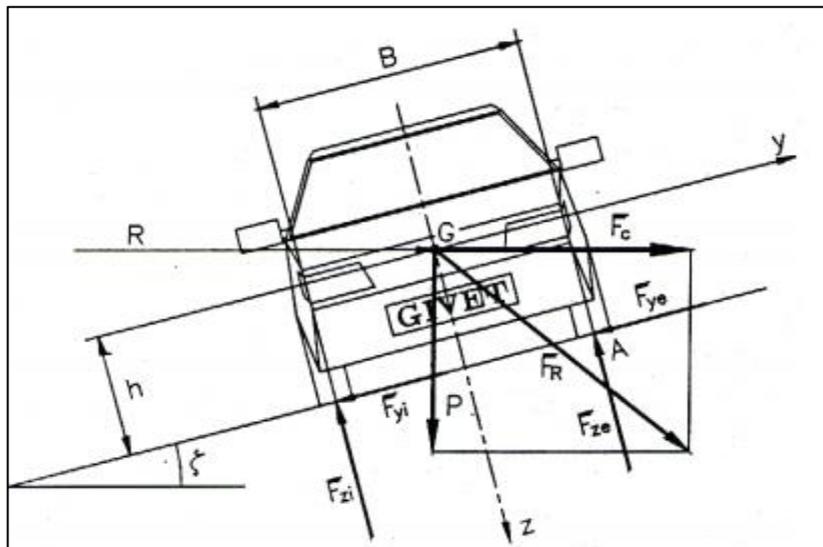
L_e = Longitud mínima de la espiral medida en (m)

V = Velocidad de diseño medida en (Km/h)

1.1.3.6.3 Peralte

Al momento que un vehículo transita por un camino circular este se ve afectado por una fuerza centrífuga “F” la cual lo empuja hacia afuera. Así como existe esta fuerza centrífuga, también existen fuerzas que son componentes del peso (P) las cuales se oponen, esto ocurre debido a que existe un peralte y una fuerza de fricción que se genera entre las llantas y la calzada.[9]

Figura 10: Dinámica de un vehículo en una curva



Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Donde:

S1 = Diferencia vertical del peralte.

100 = Diferencia horizontal del peralte.

h = Distancia vertical del centro de gravedad referente al peso del camión.

F = Fuerza centrífuga.

P = Peso del camión de diseño.

α = Ángulo de la inclinación del carril.

EV = Ancho del camión de diseño.

Después de realizar una serie de artificios matemáticos se ha logrado determinar una fórmula para el cálculo del peralte.

$$e = \frac{V^2}{127R} - f \quad \text{Ec 1.27}$$

Donde:

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

V = Velocidad de diseño medida en (Km/h).

R = Radio de la curva medido en (m).

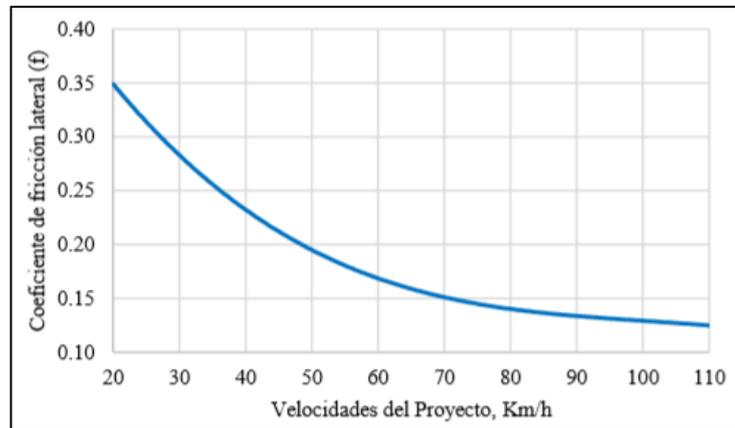
f = Máximo coeficiente de fricción lateral.

Tabla 9: Coeficientes de fricción del suelo

Requerimientos	Valores Límites Permisibles de “f”, según el Pavimento este.		
	Seco	Húmedo	Con Hielo
Estabilidad contra el volcamiento	0.60	0.60	0.60
Estabilidad contra el deslizamiento	0.36	0.24	0.12
Comodidad del viaje para el pasajero	0.15	0.15	0.15
Explotación económica del vehículo	0.16	0.10	0.10

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Figura 11: Coeficientes de fricción lateral para el proyecto a diferentes velocidades.



Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Magnitud del Peralte.

Para utilizar un peralte que provea seguridad y comodidad a un vehículo que circule por una carretera que contenga curvas horizontales, el valor de este no tiene que exceder los valores máximos, porque si tiene un valor muy grande puede provocar que el vehículo se deslice hacia el interior de la curva.[9]

A causa de estas limitaciones y en base a investigaciones realizadas se ha determinado que el peralte no puede contrarrestar completamente el efecto de la fuerza centrífuga. Por lo tanto, se ha concluido que el peralte solo debe contrarrestar el 55% de la fuerza centrífuga, dejando así que el 45% restante lo contrarreste la fricción lateral.[9]

Tabla 10: Peraltes máximos.

Peralte máximo recomendado	Velocidad Km / h	Tipo de pavimento	Tipo de vía
8 %	< 50	Capa granular de rodadura	Caminos vecinales tipo IV, V
10 %	> 50	Asfalto, Concreto y pavimento	Carreteras y caminos

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Se debe utilizar estos valores de peraltes máximos solo si se tiene en cuenta los siguientes criterios que pueden evitar:

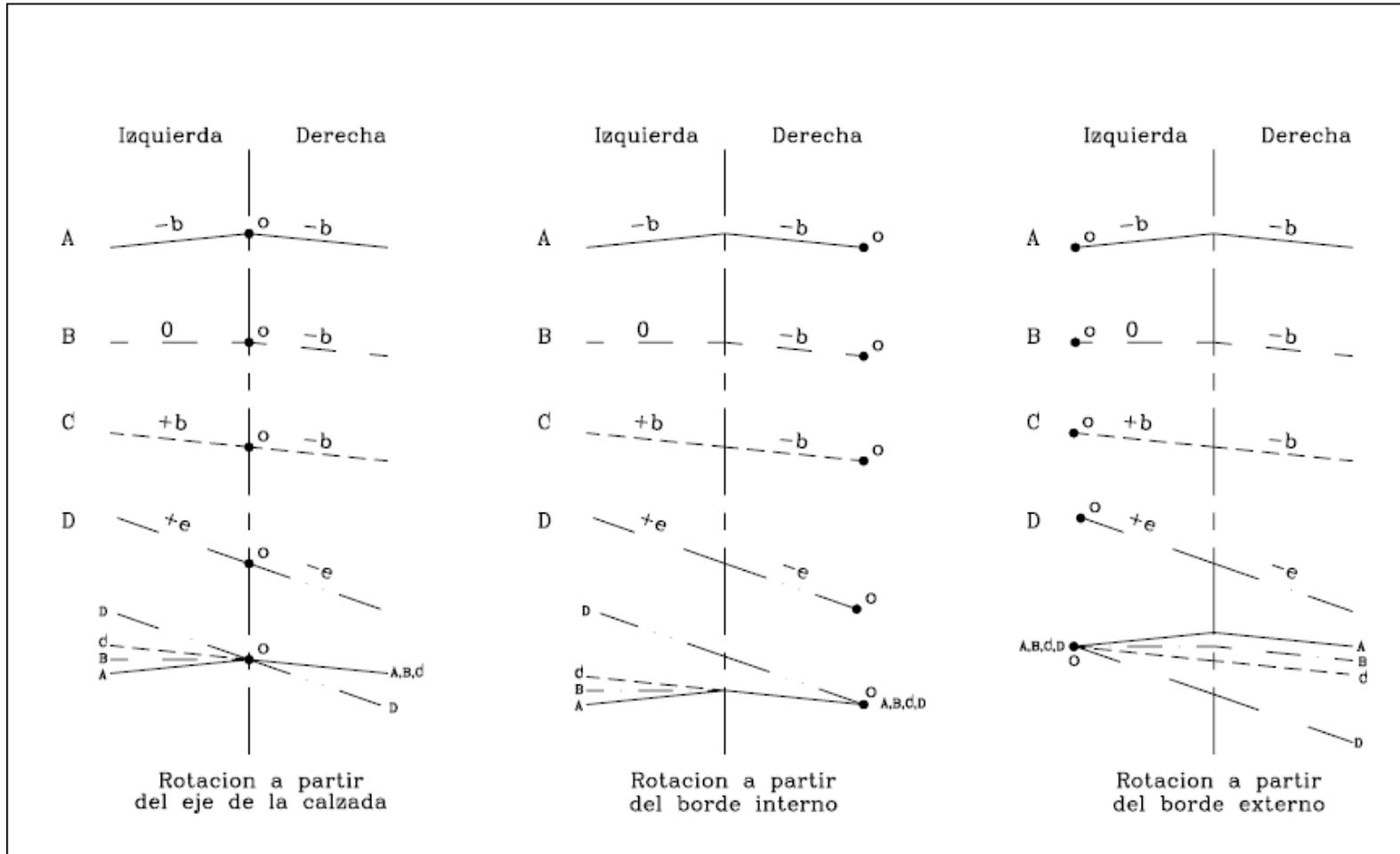
- A causa del flujo de aguas lluvias sobre la carretera se produce un rápido desgaste de la superficie de la calzada.
- Un peso no equilibrado en las ruedas de los vehículos, principalmente en los pesados.
- El deslizamiento de vehículos pesados hacia el interior de la curva por circular a velocidades bajas.

Desarrollo del Peralte.

Al tener una curva en nuestro alineamiento horizontal es necesario realizar un cambio en la sección transversal, desde el bombeo hacia el peralte necesario en la curva o desde el peralte de la curva nuevamente al bombeo de la vía.[2] Hay tres métodos para el desarrollo del peralte y estos son:

- Hacer girar la calzada alrededor de su eje.
- Hacer girar la calzada alrededor del borde interior.
- Hacer girar la calzada alrededor del borde exterior.

Figura 12: Desarrollo del Peralte



Fuente: Diseño Geométrico de Vías, J. Agudelo 2002

Para el desarrollo del peralte existen unos valores de gradientes longitudinales detallados en la siguiente tabla.

Tabla 11: Gradiente Longitudinal (I) Necesaria Para El Desarrollo Del Peralte

Vd Km/h	Valor de “i” %	Máxima Pendientes Equivalente.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Longitud de Transición.

Se define como la longitud necesaria para realizar el cambio de sección normal de una tangente a una sección peraltada de la curva.[9] Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L_{t_{min}} = 0.56V \qquad \text{Ec 1.28}$$

Donde:

$L_{t_{min}}$ = Longitud de transición mínima.

V = Velocidad de diseño.

Longitud Tangencial.

Se conoce también como longitud de aplanamiento, es la longitud necesaria para iniciar la inclinación transversal de la calzada en la tangente a partir de un punto anterior “TE” de la curva espiral que se va a peraltar, o en la curva circular de un punto anterior al inicio de la transición siendo así que la faja exterior de la calzada pase de su posición de bombeo a la posición horizontal en el inicio de la transición.[9] Su fórmula se denota así:

$$N = \frac{e' * Lt}{e} \quad \text{Ec 1.29}$$

Donde:

N = Longitud Tangencial.

e' = Pendiente lateral de bombeo en porcentaje (%).

e = Peralte de la curva circular en porcentaje (%).

Lt = Longitud de transición del peralte en metros (m).

1.1.3.6.2.4 Tangente Intermedia Mínima.

Se define como la longitud que existe entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente curva.[9] A continuación detallaremos los 4 casos existentes:

- En curvas circulares consecutivas.

$$T_{IM} = \frac{2L_1}{3} + \frac{2L_2}{3} + N_1 + N_2 \quad \text{Ec 1.30}$$

Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima en (m).

L_{1,2} = Longitudes de transición en (m).

N_{1,2} = Longitud tangencial (m).

La longitud mínima del arco circular es: $\frac{1}{3}(L_1 + L_2)$.

- Cuando las condiciones topográficas sean críticas y no se adapten al caso 1.

$$T_{IM} = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + N_1 + N_2 \quad \text{Ec 1.31}$$

Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima en (m).

$L_{1,2}$ = Longitudes de transición en (m).

$N_{1,2}$ = Longitud tangencial (m).

La longitud mínima del arco circular es: $\frac{1}{2}(L_1 + L_2)$.

- Cuando las condiciones son extremadamente críticas o en caminos de orden IV y V que tienen velocidades de diseño bajas.

$$T_{IM} = N_1 + N_2 \quad \text{Ec 1.32}$$

Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima en (m).

$N_{1,2}$ = Longitud tangencial (m).

- Cuando el trazado es curvo o continuo este valor tiende a cero.

$$T_{IM} = 0 \quad \text{Ec 1.33}$$

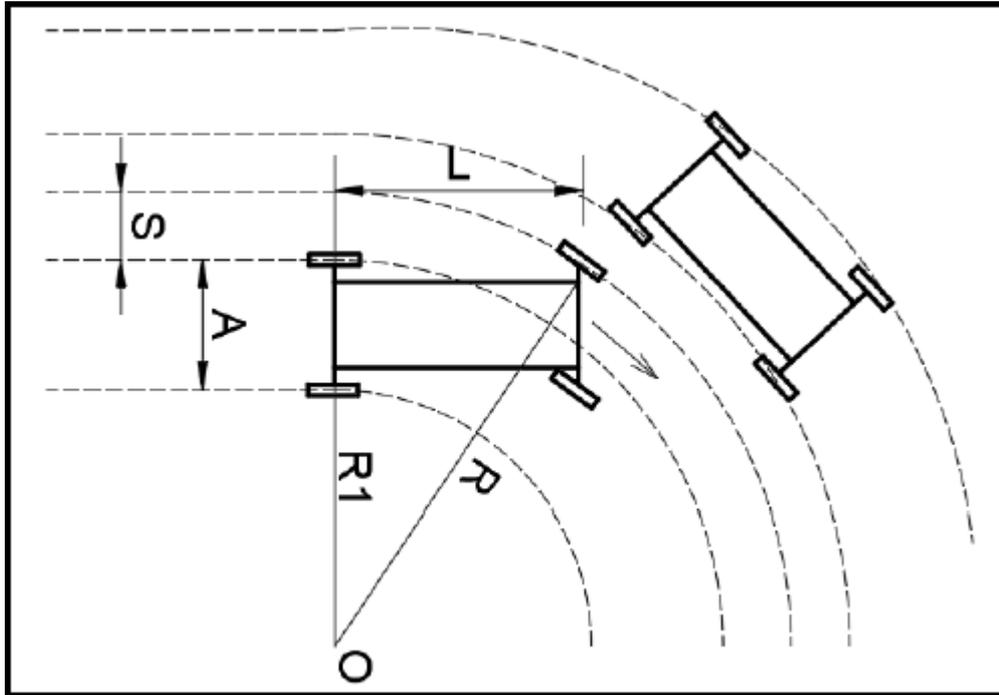
Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima en (m).

1.1.3.6.2.5 Sobreancho en las Curvas.

El objetivo de tener un sobreancho en las curvas de una vía es permitir la circulación de los vehículos con suficiente espacio lateral, ya que al seguir un recorrido y entrar a una curva este aumenta su ancho y también el espacio que ocupa en la misma.

Figura 13:Sobreancho



Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Para poder determinar el sobre ancho se debe usar la siguiente fórmula, la cual considera la velocidad de diseño de la vía.[9]

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}} \quad \text{Ec 1.34}$$

Donde:

S = Sobreebanco en metros (m).

n = Número de carriles de la calzada.

R = Radio de la curva en metros (m).

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño en metros.

V = Velocidad de diseño en Kilómetros por hora (Km/h).

Valores de Diseño de Sobreebanco.

Para evitar costos elevados el MOP 2003 nos recomienda valores mínimos que se encuentran en función de la velocidad de diseño.[9]

Tabla 12: Sobreebancho mínimo para velocidades de diseño hasta 50 Km/h

Velocidad de diseño	Sobreebancho
≤ 50 km/h	30 cm
≥ 50 km/h	40 cm

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.7 Distancias de Visibilidad

Se define como la longitud de vía que el conductor puede apreciar delante del continuamente, esta visibilidad es de gran importancia para que los vehículos operen con seguridad y eficiencia en la carretera.[9]

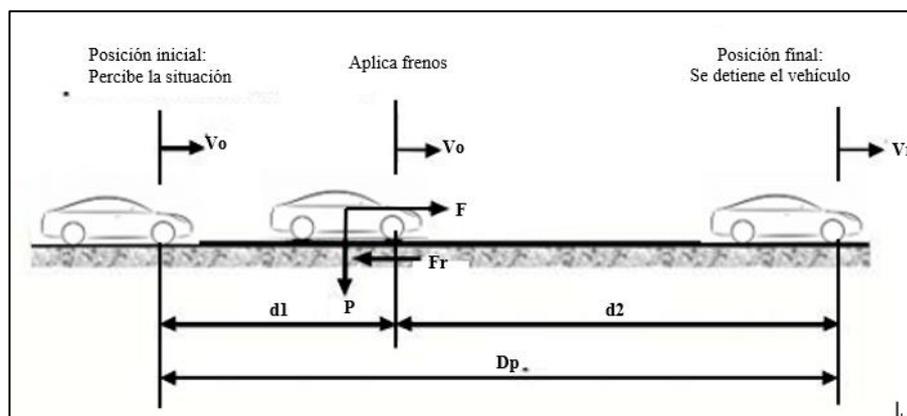
Existen dos aspectos que se debe tomar en cuenta en la distancia de visibilidad.

- La distancia de visibilidad parada.
- La distancia de visibilidad rebasamiento.

1.1.3.7.1 Distancia de Parada.

Se define como la distancia total que recorre el vehículo que se ve obligado a detenerse por un obstáculo en la vía, esta se mide desde el momento que aparece el objeto u obstáculo. Esta distancia está constituida por la distancia recorrida en los tiempos de percepción, reacción y frenado.[12]

Figura 14: Distancia de parada



Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Su fórmula se denota:

$$Dp = d1 + d2 \quad \text{Ec 1.35}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros.

$d1$ = Distancia recorrida en el tiempo de percepción – reacción en metros.

$d2$ = Distancia recorrida en el tiempo de frenado en metros.

Distancia en el tiempo de percepción-reacción.- Se define como la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo que pasa desde que el conductor recibe información de peligro en la vía hasta que inicia su respuesta ante este.[9] Su fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$d1 = 0,7 * V \quad \text{Ec 1.36}$$

Donde:

$d1$ = Distancia del tiempo de recepción y reacción en metros

V = Velocidad de diseño en Kilómetros por hora.

Distancia en el tiempo de frenado. - Se define como la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo que pasa desde la aplicación del freno hasta que se detiene en su totalidad. Para su cálculo esta distancia se relaciona con la gradiente longitudinal (e) y el coeficiente de fricción lateral (f).[9] Su fórmula se expresa así:

$$d2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm e)} \quad \text{Ec 1.37}$$

Donde:

$d2$ = Distancia de frenado en metros.

V = Velocidad de diseño en kilómetros por hora.

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

e = Gradiente longitudinal del eje de la vía.

Para efectos de diseño se debe tomar el peor escenario que es cuando el pavimento se encuentra saturado, y su fórmula viene dada por:

$$f = \frac{1,15}{V_c^{0,3}} \quad \text{Ec 1.38}$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

V_c = Velocidad de circulación del vehículo en kilómetros por hora.

Tabla 13: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo.

Criterio de Diseño: Pavimentos Mojados							
Clase de Carretera	TPDA	Valores Recomendados			Valores absolutos		
		L	O	M	L	O	M
RI o RII	> 8000	220	180	135	180	135	110
I	3000 a 8000	180	160	110	160	110	70
II	1000 a 3000	160	135	90	135	110	55
III	300 a 1000	135	110	70	110	70	40
IV	100 a 300	110	70	55	70	35	25
V	< 100	70	55	40	55	35	25

Dónde: L = Terreno llano; O = Terreno Ondulado; M = Terreno Montañoso.

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Nota de la tabla 12

Los valores recomendables serán aplicables si y solo si el valor del TPDA este cerca del límite superior de su respectiva categoría. Por otro lado, los valores absolutos se aplicarán cuando el TPDA se acerque al límite inferior o también si la topografía del terreno es difícil, es decir un terreno escarpado.

Distancia de visibilidad para el Rebasamiento de un vehículo.

Se define como la distancia necesaria para ejecutar la acción de rebasar otro vehículo con seguridad. Para efectos de diseño no se debe considerar la posibilidad de que varios vehículos rebasen al mismo tiempo, porque usualmente al considerar un solo vehículo en el diseño esta distancia es suficiente, tal que permite que varios vehículos rebasen al mismo tiempo.[9] En vías de dos carriles para poder realizar esta acción se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

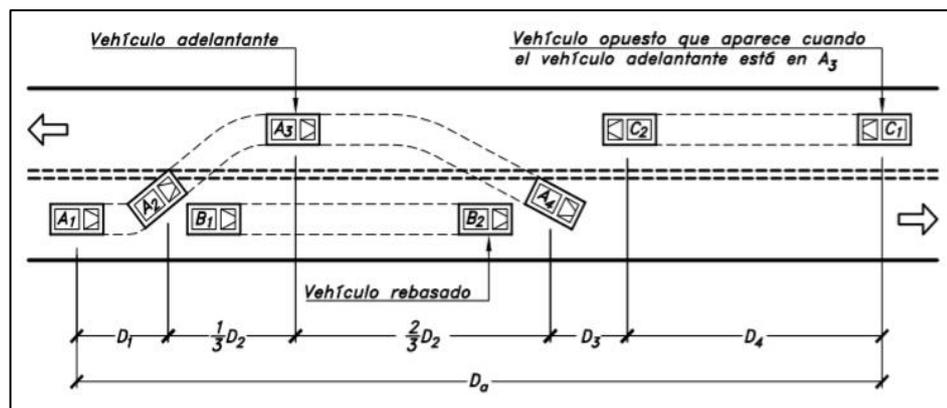
El vehículo que se intenta rebasar tiene una velocidad constante.[9]

El conductor tiene poco tiempo para obtener información de su entorno y reaccionar.[9]

El vehículo que realiza la acción de rebasar debe aumentar su velocidad 16 km/h más que el vehículo rebasado.[9]

Al terminar la acción de rebasamiento el vehículo que la ejecuto vuelve a su carril con suficiente espacio para no obstruir la circulación de otro vehículo que se mueve en sentido contrario.[9]

Figura 15:Gráfico de la distancia de visibilidad de rebasamiento.



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, J. Cárdenas 2002

Según el MOP 2003 la distancia de visibilidad de rebasamiento se obtiene por la sumatoria de las distancias parciales.[9]

$$D_r = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \quad \text{Ec 1.39}$$

$$D_1 = 0,14 * t_1(2V - 2m + at_1) \quad \text{Ec 1.40}$$

$$D_2 = 0,28 * Vt_2 \quad \text{Ec 1.41}$$

$$D_3 = 30 \text{ m a } 90 \text{ m} \quad \text{Ec 1.42}$$

$$D_4 = 0,18 * Vt_2 \quad \text{Ec 1.43}$$

Donde:

D_r = Distancia de rebasamiento, medida en metros.

D_1 = Distancia recorrida por el vehículo en el tiempo de percepción-reacción, medida en metros.

D2 = Distancia recorrida por el vehículo que está rebasando durante el tiempo que permanece en el carril izquierdo, medida en metros.

D3 = Distancia entre el vehículo rebasante y el que circula en sentido opuesto a este, medida en metros.

D4 = Distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto, medida en metros.

t_1 = Tiempo de la maniobra inicial, medido en segundos.

t_2 = Tiempo durante el cual el vehículo que está rebasando ocupa el carril izquierdo, medido en segundos.

V = Velocidad promedio del vehículo que está rebasando, medida en Kilómetros por hora.

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo que rebasa y el vehículo rebasado, medida en kilómetros por hora.

a = Aceleración promedio del vehículo que rebasa, medida en kilómetros por hora y por segundo.

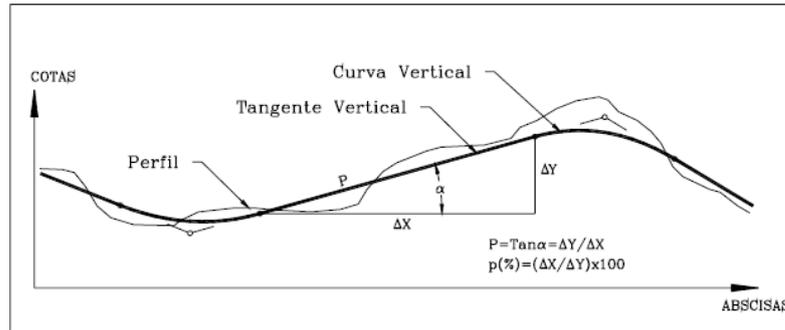
Luego de conocer todas estas definiciones, también podemos determinar la distancia de visibilidad de rebasamiento en función de la velocidad de diseño para lo cual tenemos la siguiente fórmula.[9]

$$Dr = 9,54 V - 218 \quad \text{Ec 1.44}$$

1.1.3.8 Alineamiento Vertical.

Se define como la representación del eje de una vía sobre una superficie vertical que es paralela al mismo. Gracias al paralelismo la longitud que se representa aquí es la longitud real de la vía, adoptando así también el nombre de rasante o subrasante.[2] Al diseñar el alineamiento vertical no hay que olvidar que esta tiene relación con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad.[9]

Figura 16: Alineamiento Vertical.



Fuente: Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano, J. Agudelo 2002

1.1.3.8.1 Gradientes.

Las gradientes están directamente relacionadas con la topografía del terreno y se debe procurar que estas tengan valores bajos en la medida de lo posible, con el objetivo de tener valores de velocidad de circulación razonables y facilitar operación de los vehículos.[9]

Tabla 14: Valores De Diseño De Las Gradientes Longitudinales Máximas (Porcentaje)

Clase de Carretera	TPDA	Valores Recomendados			Valores absolutos		
		L	O	M	L	O	M
RI o RII	> 8000	2	3	4	3	4	6
I	3000 a 8000	3	4	6	3	5	7
II	1000 a 3000	3	4	7	4	6	8
III	300 a 1000	4	6	7	6	7	9
IV	100 a 300	5	6	8	6	8	12
V	< 100	5	6	8	6	8	14

Dónde: L = Terreno llano; O = Terreno Ondulado; M = Terreno Montañoso.

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Los valores máximos de la gradiente y longitud se pueden acomodar de la siguiente manera:

Tabla 15: Gradiente y longitudes máximas.

Gradientes, %	Longitudes, m
8 – 10	1000
10 – 12	500
12 - 14	250

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

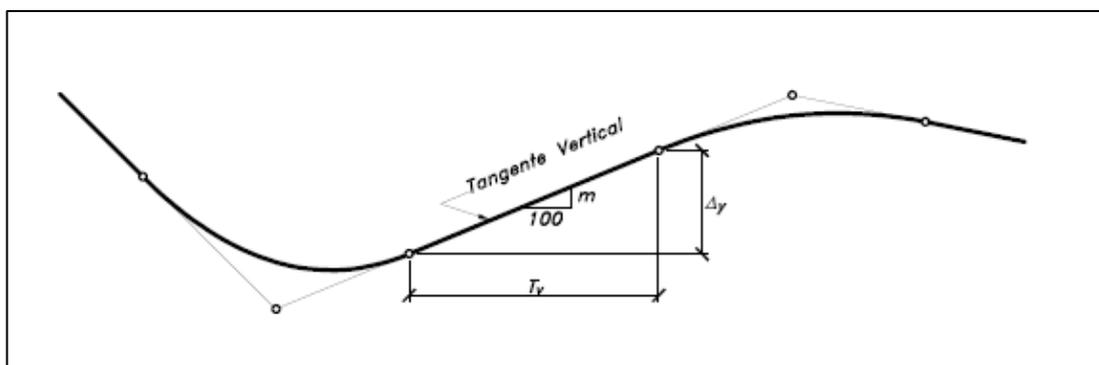
También se puede aumentar en 1% la gradiente en longitudes que sean cortas, en terrenos montañosos y ondulados, con el fin de minimizar los costos de construcción.[9]

Gradientes Mínimas.- El valor mínimo que se puede usar es del 0,5%, En circunstancias especiales se puede usar gradientes del 0%, así como en rellenos que tienen 1 metro de altura o más, y también cuando la calzada tiene una gradiente transversal apta para el drenado de aguas lluvias.[9]

1.1.3.8.2 Tangentes Verticales.

Se definen como la distancia que existe entre el fin de una curva vertical y el inicio de la siguiente curva. Las principales características de estas es que tienen una pendiente y siempre están limitadas por dos curvas consecutivas. Esta pendiente puede ser negativa, positiva o en algunas circunstancias neutra y se determina mediante la siguiente fórmula.[11]

Figura 17:Tangente vertical.



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, J. Cárdenas 2013

$$m = \left(\frac{\Delta y}{Ty} \right) * 100$$

Donde:

m = Pendiente de la tangente vertical.

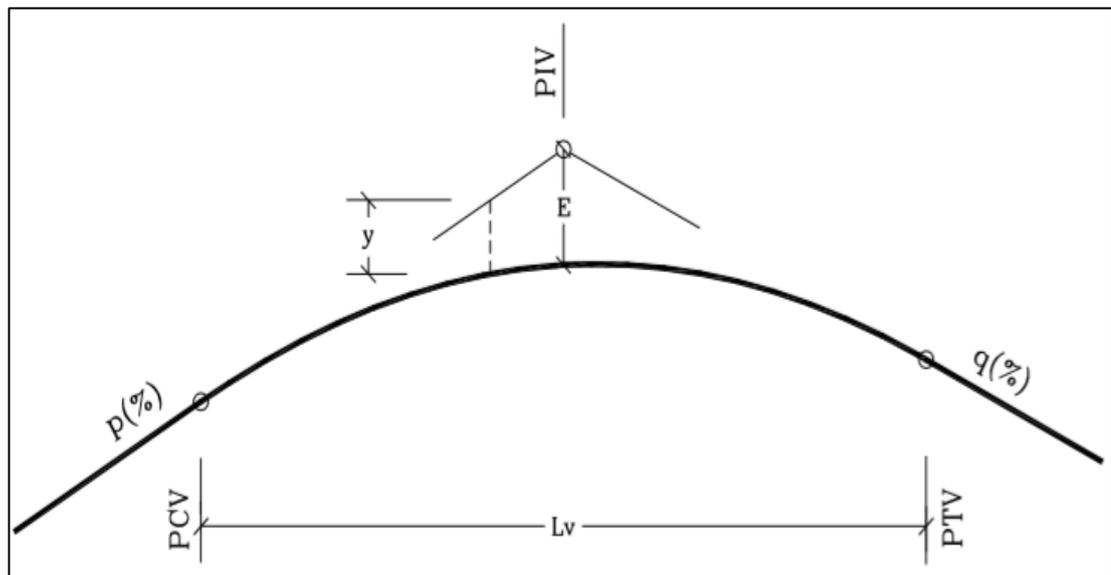
Δy = Diferencia de elevación de un tramo de vía, en metros.

Ty = Diferencia de abscisas del eje de la vía, en metros.

1.1.3.8.3 Curvas Verticales.

Se define como un componente del alineamiento vertical que nos posibilita la unión de dos tangentes verticales consecutivas, siendo así que en toda su distancia se ejecuta un cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada hasta la tangente de salida.[11] La figura más usada en este tipo de curvas es una parábola simple con su eje vertical centrado.[9]

Figura 18: Curva Vertical y sus elementos.



Fuente: Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano, J. Agudelo
2002

Donde:

PCV = Inicio de la curva vertical.

PIV = Punto de intersección vertical.

PTV = Principio de tangente vertical, final de la curva vertical.

E = Externa, distancia vertical entre el PIV y la curva.

L_v = Longitud de curva vertical.

p (%) = Pendiente inicial o de llegada en porcentaje.

q (%) = Pendiente final o de salida en porcentaje.

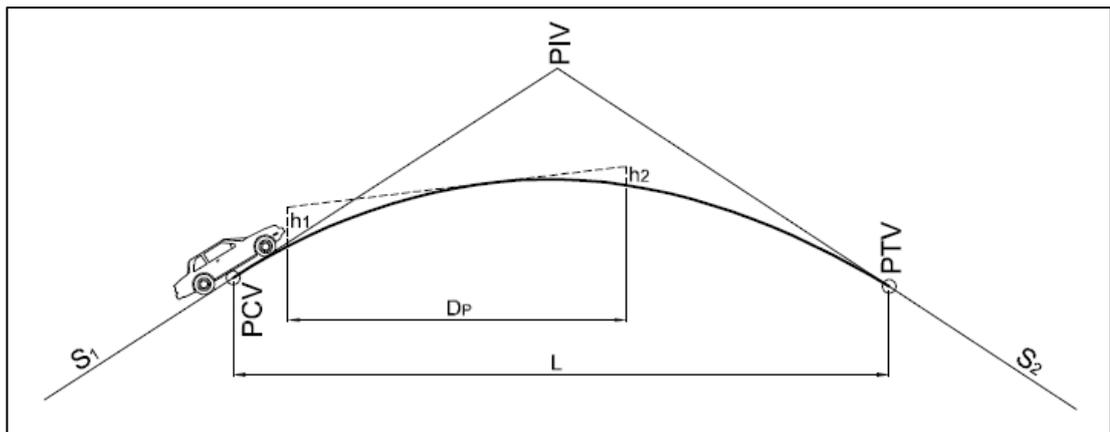
y = Corrección vertical.

A = Diferencia algebraica de pendiente ($q-p$).

Curvas Verticales Convexas.

La mínima longitud en curvas verticales convexas se calcula en función de los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada de un vehículo, se considera la altura del ojo del conductor que es de 1,15 metros y también una altura de visión de objetos sobre la calzada que es de 0,15 metros.[9]

Figura 19: Curva Convexa.



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras, Invias 2008

Para el cálculo de su longitud se usa la siguiente fórmula:

$$L = \frac{AS^2}{426} \quad \text{Ec 1.46}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa en metros.

A = Diferencia algebraica de las gradientes en porcentaje.

S = Distancia de visibilidad para parada de un vehículo en metros.

Se puede utilizar una versión más simplificada de la ecuación la cual es:

$$L = K * A \quad \text{Ec 1.47}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa en metros.

A = Diferencia algebraica de las gradientes en porcentaje.

K = Coeficiente.

Tabla 16: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas.

Clase de Carretera	TPDA	Valores Recomendados			Valores absolutos		
		L	O	M	L	O	M
RI o RII	> 8000	115	80	43	80	43	28
I	3000 a 8000	80	60	28	60	28	12
II	1000 a 3000	60	43	19	43	28	7
III	300 a 1000	43	28	12	28	12	4
IV	100 a 300	28	12	7	12	3	2
V	< 100	12	7	4	7	3	2

Dónde: L = Terreno llano; O = Terreno Ondulado; M = Terreno Montañoso.

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

Para efectos de diseño la longitud de una curva convexa mínima que este calculada por cualquier método no tiene que ser menor al valor obtenido mediante la siguiente fórmula.[9]

$$L_{min} = 0,6 * V \quad \text{Ec 1.48}$$

Donde:

Lmin = Longitud mínima en metros.

V = Velocidad de diseño en kilómetros por hora.

Tabla 17: Curvas Verticales Convexas Mínimas.

Velocidad de diseño Kph	Distancia de visibilidad de parada "S" (metros)	Coeficiente K = S ² / 426	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
45	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	65	7.10	7
60	70	11.50	12
70	90	19.01	19
80	110	28.40	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Fuente: "Normas de Diseño Geométrico de Carreteras", MOP 2003

Curvas Verticales Cóncavas.

Con la finalidad de que las curvas verticales cóncavas sean seguras es imprescindible que tengan una longitud adecuada para que los rayos de luz de los faros de un vehículo sea igual a la distancia de visibilidad de parada, para que esto ocurra los faros deben estar ubicados a 60 cm de altura y con un grado de divergencia hacia arriba de un grado con respecto al eje longitudinal de la vía.[9] Su fórmula esta denotada por:

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3,5S} \quad \text{Ec 1.49}$$

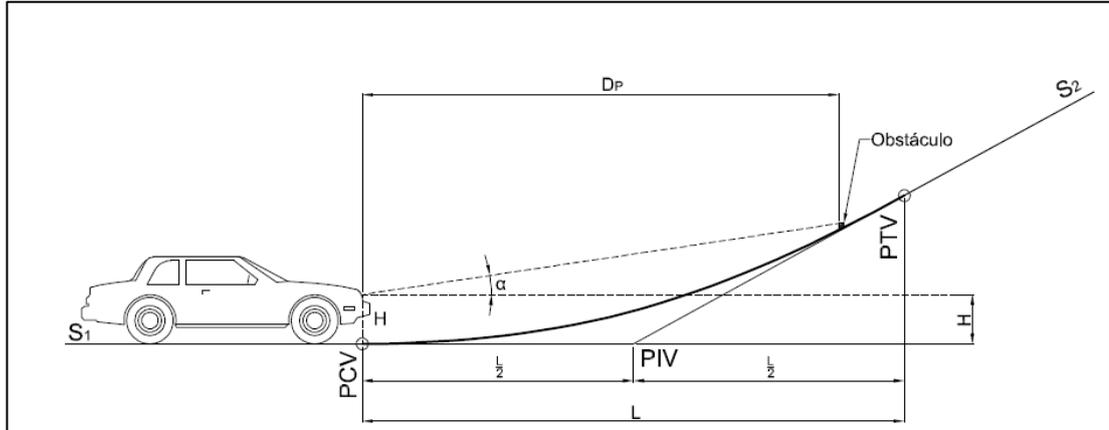
Donde:

L = Longitud de la curva vertical cóncava en metros

A = Diferencia algebraica de las gradientes en porcentaje.

S = Distancia de visibilidad de parada de un vehículo en metros.

Figura 20: Curva Vertical Cóncava.



Fuente: Manual de Diseño de Carreteras, Invias 2008

Su fórmula se puede expresar más simple como se muestra a continuación:

$$L = K * A \quad \text{Ec 1.50}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical cóncava medida en metros.

K = Coeficiente.

A = Diferencia algebraica de las gradientes medida en porcentaje.

Tabla 18: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas.

Clase de Carretera	TPDA	Valores Recomendados			Valores absolutos		
		L	O	M	L	O	M
RI o RII	> 8000	115	80	43	80	43	28
I	3000 a 8000	80	60	28	60	28	12
II	1000 a 3000	60	43	19	43	28	7
III	300 a 1000	43	28	12	28	12	4
IV	100 a 300	28	12	7	12	3	2
V	< 100	12	7	4	7	3	2

Dónde: L = Terreno llano; O = Terreno Ondulado; M = Terreno Montañoso.

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

También existe una longitud mínima absoluta para curvas verticales cóncavas la cual se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$L_{min} = 0,6 * V$$

Ec 1.51

Donde:

L_{min} = Longitud mínima en metros.

V = Velocidad de diseño en kilómetros por hora.

Tabla 19: Curvas Verticales Cóncavas Mínimas

Velocidad de diseño Kph	Distancia de visibilidad de parada "S" (metros)	Coeficiente $K = S^2 / 122 + 3.5 * S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Fuente: "Normas de Diseño Geométrico de Carreteras", MOP 2003

1.1.3.9 Alineamiento Transversal.

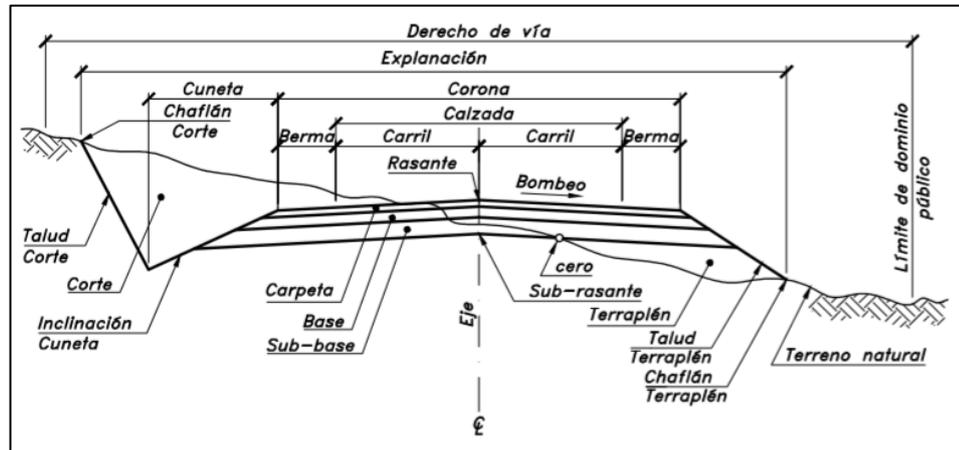
Se define como un corte vertical normal que se le realiza al eje de la vía del alineamiento horizontal [2], este corte nos permite definir la ubicación y las dimensiones de los elementos que conforman la vía, además nos proporciona la relación de la vía con el terreno natural.[11]

La sección transversal típica de una vía depende del volumen de tráfico, el terreno y la velocidad de diseño apropiada para dicha vía.[9] Esta sección se encuentra conformada por:

- Superficie de rodamiento.
- Espaldones

- Taludes interiores
- Cunetas

Figura 21: Elementos de una sección transversal de vía.



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras. J. Cárdenas 2013

1.1.3.9.1 Superficie de Rodamiento.

También conocida como calzada, se define como la sección transversal la cual tiene como función permitir la circulación de los vehículos, siendo esta de uno o más carriles para uno o más sentidos de circulación.[11] El ancho de la calzada se calcula en función del volumen, composición del tráfico y de las características del terreno, así podemos obtener una tabla con los anchos de calzada según el TPDA.[9]

Tabla 20: Anchos de Calzada

Clase de Carretera	TPDA	Ancho de calzada (m)	
		Valores Recomendados	Valores absolutos
RI o RII	> 8000	7,30	7,30
I	3000 a 8000	7,30	7,30
II	1000 a 3000	7,30	6,50
III	300 a 1000	6,70	6,00
IV	100 a 300	6,00	6,00
V	< 100	4,00	4,00

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.9.2 Espaldones

Se caracterizan por tener las siguientes funciones:

- Suministrar espacio adicional donde los vehículos pueden estacionarse en caso de emergencia y así prevenir accidentes. [9]
- Suministrar un efecto de amplitud de la vía para el conductor, para así facilitar la conducción, libre de tensión nerviosa. [9]
- Aumento de la distancia de visibilidad de las curvas horizontales. [9]
- Aumento del volumen de tráfico de la vía, posibilitan una velocidad uniforme. [9]
- Apoyo lateral para la calzada. [9]
- Suministro de espacio donde se puede colocar señalética sin obstruir la circulación vehicular. [9]
- Evita infiltraciones de agua, evitando el deterioro y rotura de la calzada. [9]
- Embellece la paraciencia de la vía. [9]
- Suministra espacio adicional para trabajos de mantenimiento. [9]

Considerando todos estos criterios el MOP 2003 nos propone una tabla para ancho de espaldones y es la siguiente[9]:

Tabla 21: Valores De Diseño Para El Ancho De Espaldones (Metros)

Clase de Carretera	TPDA	Ancho de Espaldones (m)					
		Valores Recomendados			Valores absolutos		
		L	O	M	L	O	M
		(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
RI o RII	> 8000	3,0*	3,0*	2,5*	3,0	3,0*	2,0*
I	3000 a 8000	2,5*	2,5*	2,0*	2,5**	2,0**	1,5**
II	1000 a 3000	2,5*	2,5*	1,5*	2,5	2,0	1,5
III	300 a 1000	2,0**	1,5**	1,0*	1,5	1,0	0,5
IV	100 a 300	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V	< 100	No se considera espaldón					

Dónde: L = Terreno llano; O = Terreno Ondulado; M = Terreno Montañoso.

* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior.
Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.

** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente.

Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

La pendiente de los espaldones suele variar del 3% al 6%, según el tipo de calzada que se tome. Estos no tiene una justificación económica en vías de flujo de tráfico bajo, sin embargo es importante tenerlos en intervalos adecuados y en ambos sentidos.[9]

1.1.3.9.3 Taludes.

Son de gran importancia para la seguridad y apariencia de la vía, estos pueden ser de corte o de relleno y están directamente relacionados con el costo de mantenimiento de la vía. Como regla general los taludes se debe diseñar con la menor pendiente permisible económicamente, sin embargo el diseño de estos necesita de las condiciones del suelo y de las características de la vía.[9]

En terrenos ondulados y montañosos se debe dar gran importancia en corte en las curvas horizontales, con el fin de dar una buena distancia de visibilidad con costos bajos, de ahí en lo que respecta a las demás selección de taludes esta debe ser una materia particular, en donde se tome en cuenta la naturaleza del terreno y las condiciones geológicas del suelo.[9]

Para excavaciones y rellenos pequeños como lo son en terrenos planos la MOP 2003 nos presenta una tabla donde nos expone valores recomendados para corte y relleno.[9]

Tabla 22: Valores De Diseño Recomendables De Los Taludes En Terrenos Planos

Clase de Carretera	TPDA	Talud	
		Corte	Relleno
RI o RII	> 8000	3:1 * **	4:1
I	3000 a 8000	3:1	4:1
II	1000 a 3000	2:1	3:1
III	300 a 1000	2:1	2:1
IV	100 a 300	1,8-1:1	1,5-2:1
V	< 100	1,8-1:1	1,5-2:1
Dónde: C= Corte; R = Relleno; * = Horizontal; ** = Vertical			

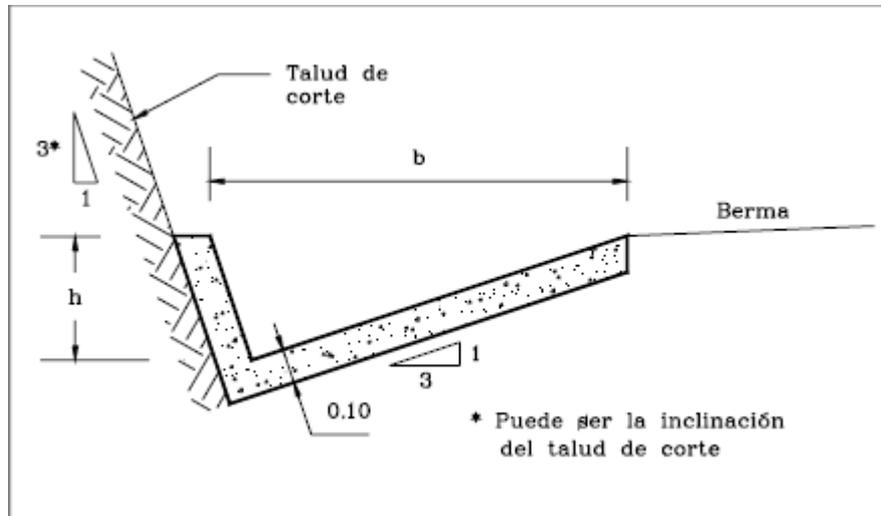
Fuente: “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”, MOP 2003

1.1.3.9.4 Cunetas.

De definen como los canales que se ubican entre el borde de la calzada y el inicio de los taludes, estas pueden estar en un solo lado o a los dos lados de la calzada. Tiene

como finalidad la de recoger las aguas lluvias que se escurren desde la propia calzada, de los taludes y las áreas pequeñas adyacentes.[9]

Figura 22:Cuneta



Fuente: Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano, J. Agudelo
2002

1.1.3.10 Suelos

Existe una creencia de que los suelos son un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, que no están sujetas a ninguna clase de organización, pero en verdad es un conjunto que tiene una organización definida y distintas propiedades las cuales varían.[13]

Su definición puede variar según de que profesional provenga, existiendo así la definición de un geólogo, un agrónomo y un ingeniero civil. Para los ingenieros civiles que es nuestro campo de estudio un suelo es un conjunto de partículas minerales, que son producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de las rocas superficiales.[14]

1.1.3.10.1 Tipos de suelo.

Según sea el origen de sus componentes, los suelos se dividen en dos grandes grupos y estos son los suelos inorgánicos que se deben a la descomposición física y/o química de las rocas, y los suelos que su origen es orgánico.[14]

Suelos Inorgánicos.- Se definen como suelos que son el producto del deterioro de las rocas que existen en el sitio, dado origen así a los suelo residuales, o caso contrario son suelos transportados independientemente de cual haya sido su agente transportador.[14]

Suelos Orgánico.- Se definen como suelos que se forman a partir de la materia orgánica que existe en el sitio, su característica principal es que su color es negro o café oscuro.[14]

En ingeniería civil existe una clasificación que es muy usada y es la siguiente:

Gravas.- Se definen como depósitos de fragmentos de rocas, las cuales tiene como característica principal que su diámetros es mayor a 2 milímetros.[14]

Arenas.- Se definen así a los materiales que están conformados por granos finos que tienen su origen en el desgaste de las rocas o en su trituración artificial, su diámetro varía desde los 0,05 milímetros hasta los 2 milímetros.[14]

Limos.- Se definen así a los granos finos con poca o ninguna plasticidad que tienen dos orígenes el limo inorgánico que se encuentra en canteras o el limo orgánico como el que se encuentra en los ríos, su diámetro varía desde 0,005 milímetro hasta los 0,05 milímetros.[14]

Arcillas.- Se define así a las partículas sólidas que tienen un diámetro menor al de 0,005 milímetros y que su masa puede volverse plástica al combinarse con agua.[14]

1.1.3.10.2 Contenido de Humedad.

Se define como el porcentaje de agua que existe en una muestra de suelo en estado natural, para poder encontrar este porcentaje debemos compárala con la misma muestra pero sometida a un secado por horno que tiene una temperatura q varía entre 105°C a 110°C.[15] Para representar el contenido de humedad se usa (ω) y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100\% \quad \text{Ec 1.52}$$

Donde:

ω = Contenido de humedad medido en porcentaje.

W_w = Peso del agua en la muestra de suelo.

W_s = Peso del suelo en la muestra.

1.1.3.10.3 Granulometría.

Conocer la estructura granulométrica de un suelo es importante porque esto nos permite saber la influencia de este al obtener la densidad del material compactado. Un análisis granulométrico se define como la obtención de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de partículas que conforman la muestra de suelo.[14]

Para poder realizar el análisis granulométrico usamos el método de los tamices, que para eso tenemos unas cantidades de muestras distintas dependiendo de la cantidad de suelo fino que esta contenga.[16]

Tabla 23: Tamaños de muestra.

Diámetro nominal de las Partículas más grandes	Masa aproximada mínima de la porción en gramos
<i>3/8" o 9,5mm</i>	500
<i>3/4" o 19mm</i>	1000
<i>1" o 25,4 mm</i>	2000
<i>1½" o 38,1 mm</i>	3000
<i>2" o 50,8 mm</i>	4000
<i>3" o 76,2 mm</i>	5000

Fuente: Norma ASTM D 422

Tabla 24: Tamices.

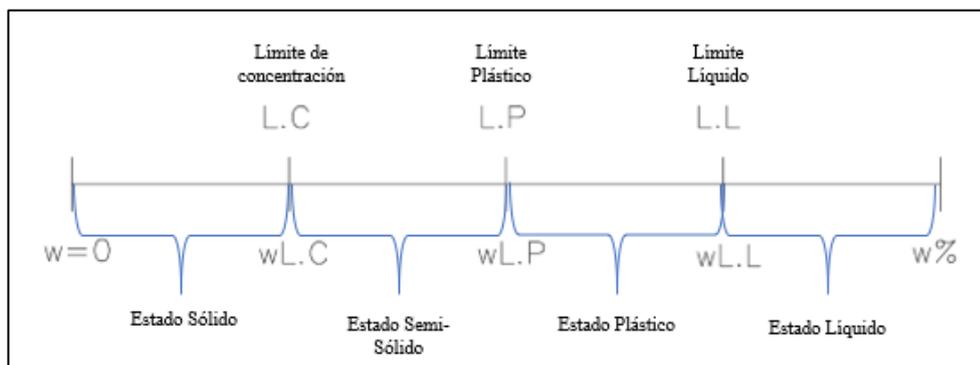
Tyler standard Número de personas		Us. Bureau Standards	
Malla	Abertura	Malla	Abertura
Número	mm	Número	mm
3"	76.20	4"	101.600
2"	50.800	2"	50.800
-	26.670	1"	25.400
-	18.850	¾"	19.100
-	13.320	½"	12.700
-	9.423	3/8"	9.520
N° 3	6.680	¼"	6.350
N° 4	4.699	N° 4	4.760
N° 6	3.327	N° 6	3.360
N° 8	2.362	N° 8	2.380
N° 10	1.655	N° 10	2.000
N° 20	0.833	N° 30	0.500
N° 35	0.417	N° 40	0.420
N° 60	0.246	N° 50	0.298
N° 100	0.147	N° 100	0.149
N° 200	0.074	N° 200	0.074

Fuente: Mecánica de Suelos II, Mantilla

1.1.3.10.4 Límites de consistencia

Se define como la propiedad que tienen los suelos para deformarse, sin que este llegue a romperse. Para entender esta propiedad se utiliza los límites de Atterberg, quien separo al estado de la materia en 4. Estos límites son: Limite Liquido (L.L), Limite Pastico (L.P) y Limite de Contracción (L.C). Para poder determinar los límites de consistencia se debe tomar como muestra un suelo que pase el tamiz N° 40.[14]

Figura 23:Estados del suelo y sus límites de Atterberg.



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Límite Líquido.

Se define como el contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra, se lo determina en porcentaje y nos permite saber cuándo el suelo pasa del estado líquido al plástico. En este límite los suelos que son plásticos tienen una resistencia pequeña al esfuerzo de corte y este esfuerzo está dado por 25 g/cm^2 según Atterberg.[14]

Este límite se determina mediante un ensayo que se llama Casagrande que está especificado, este ensayo consiste en tomar 100 gr de suelo seco y colocar una porción de este en una copa estándar, a esta porción en la copa se le realiza un surco, entonces se cuenta el número de golpes que son necesarios para unir las dos mitades de la muestra en la copa, se repite el proceso con cantidades distintas de agua agregadas a la muestra y se anotan los valores, se considera que el límite líquido se encuentra entre la intersección de la línea de los datos obtenidos a los 25 golpes.[14]

Figura 24: Copa Casagrande y espátula



Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones, Crespo 2004

Límite Plástico (Lp).

Se define como el contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra, se lo determina en porcentaje y nos permite saber cuándo el suelo pasa del estado semi sólido a estado plástico. Para su determinación se usa un material que al mezclarlo con agua del ensayo de límite líquido al cual se le evapora el agua mezclándolo hasta tener una pasta plástica que se fácil de moldear.[14]

Para realizar este ensayo se toma un poco de la masa plástica y se lo transforma en una bola que debe ser amasada sobre una superficie de vidrio aplicando presión con la palma de la mano hasta formar filamentos de 3 mm de diámetro, hasta el punto en el

que este filamento empieza a romperse, este ensayo se detalla en (Norma ASTM D 4318-84).[14]

Índice Plástico.

Se define como la diferencia que existe entre los límites líquido y plástico, con el cual podemos determinar el tipo de suelo.[14]

$$I_p = L_l - L_p \quad \text{Ec 1.53}$$

Donde:

I_p = índice Plástico.

L_l = Límite Líquido.

L_p = Límite Plástico.

Tabla 25: Plasticidad del suelo.

Índice Plástico (I_p)	Descripción
0	No plástico
1-5	Ligeramente plástico
5-10	Baja plasticidad
10-20	Mediana plasticidad
20-40	Alta plasticidad
> 40	Muy alta plasticidad.

Fuente: Mecánica de Suelos y cimentaciones, Crespo 2004

1.1.3.10.5 Compactación

Se define como un medio para aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad de los suelos. Proctor fue un ingeniero americano que publicó una investigación donde descubrió que al encontrar el contenido de humedad óptimo para tener una densidad máxima (γ_d) y una energía de compactación máxima.[14]

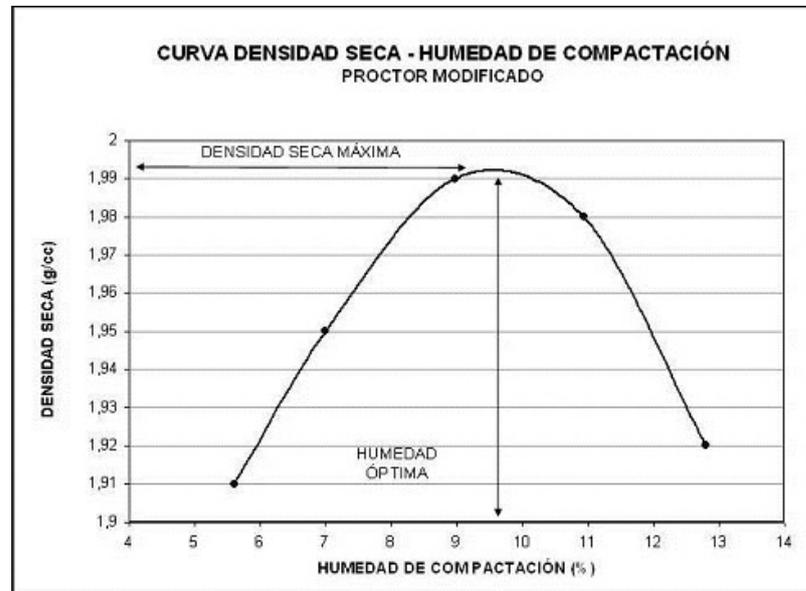
Para efectos de estudio la AASHTO propone dos métodos los cuales son el Proctor estándar (AASHTO T-99) y el Proctor modificado (AASHTO T-180), los cuales a su vez se subdividen en A, B, C y D.[14]

Tabla 26: Especificaciones del Proctor modificado.

Proctor modificado AASHTO T-180 Impacto: Altura de caída 18" Pistón: Martillo cilíndrico de 10 lb				
Métodos	A	B	C	D
Material que pasa	Tamiz #4	Tamiz #4	Tamiz # 3/4"	Tamiz # 3/4"
Diámetro molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar	1/30 pies ³	1/13.33 pies ³	1/30 pies ³	1/13.33 pies ³
Energía de compactación	56250 lb pie / pie ³	126000 lb pie / pie ³	56250 lb pie / pie ³	126000 lb pie / pie ³

Fuente: AASHTO T-180

Figura 25: Curva de Compactación.



Fuente: Mecánica de Suelos y cimentaciones, Crespo 2004

1.1.3.10.6 Valor Relativo de Soporte Normal del Suelo (CBR).

Su siglas provienen de su nombre en inglés (California Bearing Ratio), se define como el ensayo que nos permite obtener la capacidad portante del suelo, este valor se usa mucho en el diseño de pavimentos.[17]

Se define como un ensayo donde el suelo se ve sometido a una penetración de un vástago cilindro a una velocidad constante. Este suelo se satura con agua, dicha saturación se mide, así como también se mide el hinchamiento del mismo. El CBR entonces es, el porcentaje de la presión ejercida por un pistón sobre una muestra de

suelo en relación a la presión ejercida sobre una muestra de suelo tipo, cuando es introducido en la muestra de suelo a una velocidad constante.[17] Para determinarlo tenemos la siguiente fórmula:

$$CBR = \frac{\text{Presion ejercida sobre la muestra}}{\text{Presion ejercida sobre la muestra tipo}} * 100 \quad \text{Ec 1.54}$$

Tabla 27: Usos del suelo según el CBR

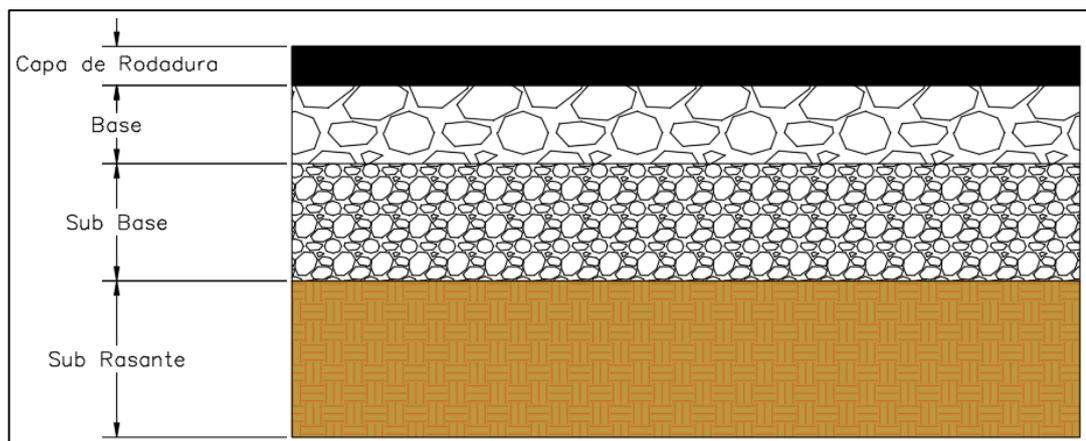
C.B.R (%)	Usos	
0 – 5	Muy Mala	Subrasante
5 – 10	Mala	
11 – 20	Regular-Buena	
21 – 30	Muy Buena	
31 – 50	Sub Base - Buena	
51 – 80	Base – Buena	
81 - 100	Base - muy buena	

Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento Flexible”, AASHTO 1993

1.1.3.11 Pavimentos.

Se define como una estructura compuesta por capas, y estas capas son subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica o capa de rodadura, que es la destinada a soportar la carga vehicular.[18]

Figura 26: Estructura del pavimento



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

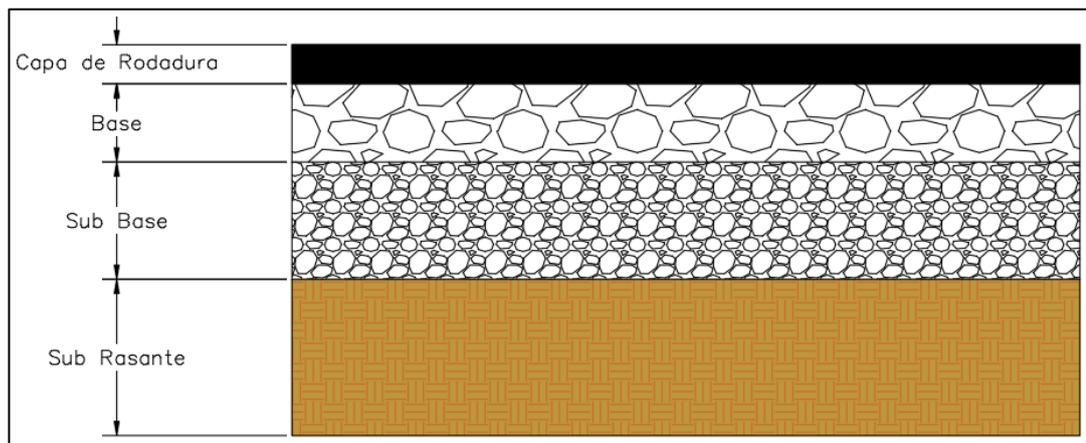
1.1.3.11.1 Tipos de Pavimentos

En ingeniería civil podemos clasificar a los pavimentos en: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

Pavimentos Flexibles.

Se define como aquel que se encuentra conformado por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas que no son rígidas y están son la base y subbase.[19]

Figura 27: Estructura típica del pavimento flexible.



Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

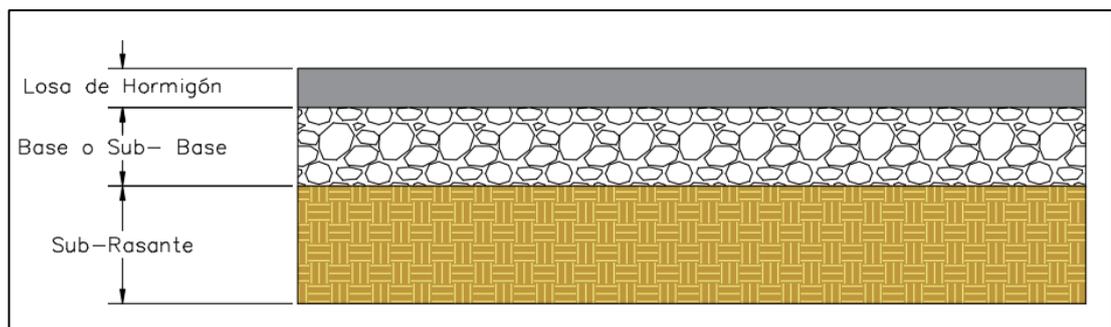
Pavimentos Semirrígidos.

Básicamente es muy similar al pavimento flexible, como la ligera diferencia que una de sus capas se ha rigidizado con alguna clase de aditivo, el cual puede ser asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El objetivo de hacer esta rigidización es corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales del sitio, esto se toma en cuenta para reducir los costos de construcción ya que los materiales adecuados se encuentran a distancias muy grandes.[19]

Pavimentos rígidos.

Se define como aquellos que están conformados básicamente por una losa de concreto hidráulico que se encuentra apoyada sobre la subrasante o sobre alguna capa de material adecuado, a la cual se le da el nombre de subbase del pavimento rígido. Gracias a que el concreto hidráulico tiene un elevado coeficiente de elasticidad y su alta rigidez, este distribuye los esfuerzos en zonas amplias.[19]

Figura 28: Estructura típica del pavimento rígido

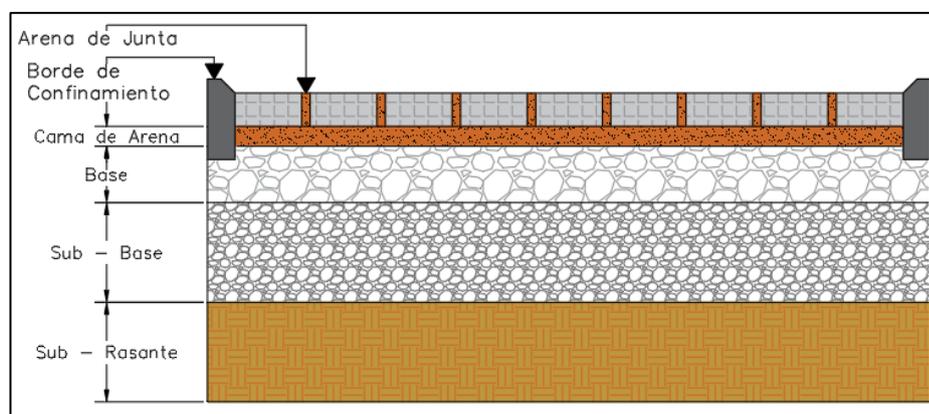


Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

Pavimentos Articulados.

Se definen como aquellos que están conformados por una capa de rodadura la cual está elaborada con bloques prefabricados llamados adoquines, que tienen un espesor uniforme y que son iguales entre sí. Este tipo de pavimentos se pueden colocar sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez se apoya encima de una base granular o si no directamente sobre la subrasante.[19]

Figura 29: Estructura Típica del Pavimento Articulado.



Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

1.1.3.11.2 Estructura de un pavimento.

Como ya sabemos la estructura del pavimento consta de subrasante, subbase, base y capa de rodadura, a continuación, detallaremos cada uno de ellos.

Subrasante

Se define como la capa de terrenos de una vía, la cual tiene como objetivo soportar la estructura del pavimento.[18] El espesor de un pavimento dependerá directamente de la calidad de esta capa, ya sea un pavimento flexible o rígido. Uno de los parámetros que se usa para cualificar esta capa es la capacidad de soporte o la resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito.[19]

Subbase.

Se define como la capa de la estructura del pavimento, la cual se encarga de soportar, transmitir y distribuir uniformemente todas las cargas que se aplican sobre la capa de rodadura, para que así la subrasante pueda soportar estas absorbiéndolas sin provocar daños a la base. Una de sus funciones también es la de controlar los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar al pavimento.[18]

Base.

Se define como la capa de la estructura que tiene como objetivo distribuir las cargas que el tránsito produce, enviándolas a la subbase y por consiguiente está a la subrasante, sobre esta capa es donde se coloca la capa de rodadura.[18]

Capa de rodadura.

Se define como la capa que se ubica sobre la base, su objetivo brindar protección al resto de la estructura del pavimento, impermeabilizando la superficie, evitando así filtraciones de aguas lluvias hacia las capas inferiores para que estas no se saturen y se dañen.[18]

1.1.3.12 Método AASHTO de Diseño.

Se tiene como fórmula principal la siguiente:

$$\log_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \quad \text{Ec 1.55}$$

Donde:

W18 = Numero de cargas de los ejes simples que equivalen a 18 Kips o 80 KN.

Zr = Es el área bajo la curva de distribución que corresponde a la curva estándar de la confiabilidad R.

So = Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI = Pérdida de la serviciabilidad.

Mr = Modulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Numero estructural.

1.1.3.12.1 Periodo de diseño

En este apartado hay dos variables a tomar en cuenta, las cuales son el periodo de diseño y la vida útil del pavimento. La vida útil viene dada por el periodo que es un promedio de entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en el que este alcanza el grado de serviciabilidad mínimo.[20] Se pueden considerar los siguientes periodos de diseño.

Tabla 28: Periodos de diseño

Tipo de Carretera	Periodo de análisis (años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
Pavimento de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.2 Tránsito (W_{18}).

Para este parámetro se usa un numero de repeticiones de ejes que son equivalentes a 18 Kips (80 KN) o ESAL.[20]

Tabla 29: Factor de Distribución por Carril.

Número de carriles en una dirección	% del W_{18} en el carril de diseño, LD
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.3 Nivel de Confiabilidad (R).

Se define como un grado de certitud que tiene un diseño para llegar este al fin de su periodo de diseño en buenas condiciones.[20]

Tabla 30: Niveles de confiabilidad.

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Troncales	80 – 90	75 – 95
Locales	80 – 95	75 – 95
Ramales y Vías Agrícolas	50 – 80	50 – 80

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

Una vez que tenemos el valor de (R), se puede determinar el valor de Z_r porque los dos se relacionan.[20]

Tabla 31: Desviación Normal

Confiabilidad (R)	Valor de Zr
50	- 0.000
60	- 0.253
70	- 0.524
75	- 0.674
80	- 0.841
85	- 1.037
90	- 1.282
91	- 1.340
92	- 1.405
93	- 1.476
94	- 1.555
95	- 1.645
96	- 1.751
97	- 1.881
98	- 2.054
99	- 2.327
99,9	- 3.090
99,99	- 3.750

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.4 Desviación Estándar de Todas las Variables (So).

Se debe considerar todas las variables que pueden afectar al pavimento, las variables a considerar serán las de las zona de estudio.[20]

Tabla 32: Desviación Estándar.

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (Sin error de tráfico)	0.25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del trafico	0.35 – 0.50 (Valor recomendado 0.45)

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.5 Índice de Serviciabilidad (ΔPSI).

Se define como la capacidad que tiene el pavimento para ofrecer un uso confortable y seguro para los usuarios de la vía. Teniendo así un índice de serviciabilidad presente PSI (present serviciability index), por el cual el pavimento tiene una calificación entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto estado).[20] Se la puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta PSI = PSI_0 - PSI_f \quad \text{Ec 1.56}$$

Para efectos de diseño se toman los siguientes valores:

- Índice de serviciabilidad inicial es igual al 4,2 para pavimentos flexibles.
- Índice de serviciabilidad final es igual a 2 para carreteras con un tráfico menor.

Tabla 33: Clasificación de la serviciabilidad.

Tabla 32: Índice	Calificación
5 a 4	Muy buena
4 a 3	Buena
3 a 2	Regular
2 a 1	Mala
1 a 0	Muy mala

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.6 Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r).

Es un valor que se obtiene por medio de unas ecuaciones de correlación con la capacidad portante del suelo o CBR.[21]

La AASHTO nos expone las siguiente correlacione y sus fórmulas:

- Para materiales de subrasante con CBR igual o menor a 7,2%.[21]

$$M_r = 1500 * CBR \quad \text{Ec 1.57}$$

- Para materiales de subrasante con CBR mayor de 7,2% pero menor o igual que 20%.[21]

$$Mr = 3000 * (CBR)^{0,65} \quad \text{Ec 1.58}$$

- Para los materiales de las subrasantes que tengan valores de CBR mayores al 20% se deberá efectuar otras formas de correlación, así como la que propone la ASSHTO-93:

$$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241 \quad \text{Ec 1.59}$$

Nota: Todas las correlaciones anteriores el valor que obtendremos estará expresado en unidades de lb/pulg² o PSI. [21]

1.1.3.12.7 Determinación de Espesores.

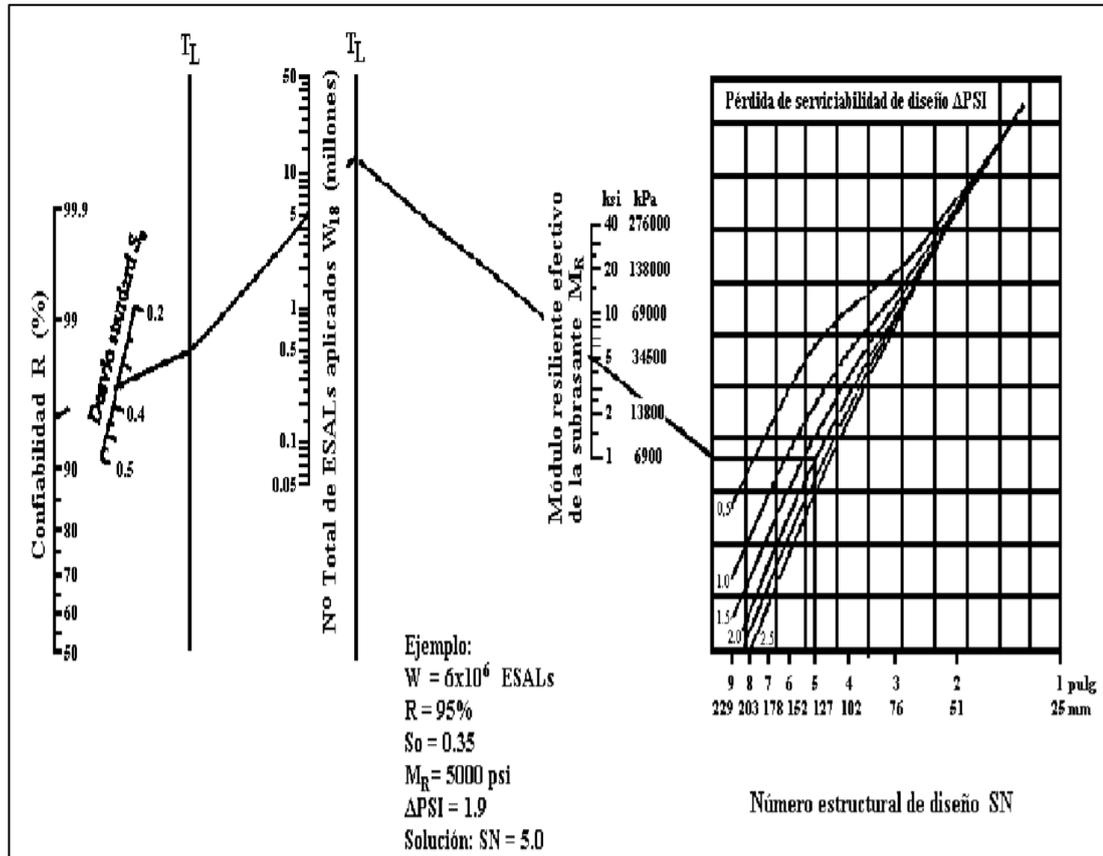
Ya que se ha explicado cada una de las variables de entrada para la ecuación del diseño de pavimentos flexibles, esta se la puede resolver de forma manual, para lo cual se torna muy pesado, por lo tanto, también existe otro método que es el del ábaco , el cual es mucho más rápido pero menos exacto.[20]

El resultado de la ecuación es el numero estructural SN, el cual nos permite calcular los espesores de las capas del paquete estructurar, así como también el numero estructural se puede obtener por medio del siguiente ábaco.[20]

Donde las variables de entrada del ábaco de diseño son:

- Transito estimado por carril de toda la vida útil del pavimento (W18).
- Confiabilidad (R).
- Desviación estándar de todas las variables (So).
- Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr).
- Perdida de serviciabilidad (Δ PSI).

Figura 30: Abaco para la determinación del Número Estructural (SN).



Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

Una vez que tenemos el numero estructural ya podemos usar la ecuación de los espesores de capa, que viene dada por:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots \quad \text{Ec 1.60}$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3,$ = Son los coeficientes estructurales o de capa y son adimensionales.

m_1, m_2, m_3 = Son los coeficientes de drenaje.

$D_1, D_2, D_3,$ = Son los espesores de capas, capa de rodadura, base, subbase respectivamente.

Para efectos de diseño no resulta practico, ni tampoco económico tomar valores mínimos para los espesores de las capas. La mayoría de las veces se toma un valor de espesor de capas superior al mínimo para contrarrestar los efectos de congelamiento o los efectos de suelos expansivos. A continuación, podemos ver una tabla con los

valores mínimos para los espesores de las capas de rodadura y base granular en función del tránsito. [20]

Tabla 34: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular.

Transito W18	Carpeta Asfáltica	Base Granular
Menos de 50 000	2.5 cm	10 cm
50 000 – 150 000	5.0 cm	10 cm
150 000 – 500 000	6.5 cm	10 cm
500 000 – 2 000 000	7.5 cm	15 cm
2 000 000 – 7 000 000	9.0 cm	15 cm
Más de 7 000 000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.8 Coeficiente de drenaje.

Si se tiene un buen drenaje la capacidad portante de una subrasante aumenta debido a que el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad, teniendo así carreteras de mejor calidad y a su vez nos permite usar capas más finas, lo que abarata costos.[20]

Existe una tabla que AASHTO nos recomienda, donde se indican los tiempos de drenaje. Estos tiempos están basados en un tiempo de drenado de la capa base hasta el 50% del grado de saturación, sin embargo también existe un criterio que nos dicta que el 85% de grado de saturación minimiza el tiempo real de drenado y es usado para la calidad del drenaje.[20]

Tabla 35: Tiempo de Drenaje.

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua 50% de saturación	Tiempo de eliminación de agua 85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Buena	1 día	2 a 5 Horas
Regular	1 semana	5 a 10 Horas
Pobre	1 mes	Más de 10 Horas
Muy pobre	Agua no drena	Mucho más de 10 Horas

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

Tabla 36: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

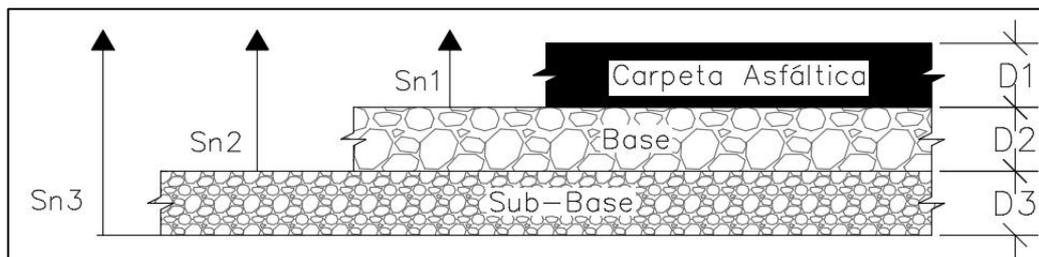
Capacidad de Drenaje	Tiempo expuesto el pavimento a niveles de saturación en %.			
	Menos del 1%	1 a 5 %	5 s 25 %	Más de 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

1.1.3.12.9 Espesores mínimos en función de SN.

Para determinar estos espesores se toma como referencia que las capas granulares que no están tratadas deben ser protegidas contra las tensiones verticales excesivas, las cuales producirían deformaciones permanentes. [20]

Figura 31: Relación de espesores con el SN



Fuente: Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, AASHTO

Para obtener todos los espesores tenemos las siguientes ecuaciones propuestas por AASHTO 93:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad \text{Ec 1.61}$$

$$SN_1 = a_1 D_1 > SN_1$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2} \quad \text{Ec 1.62}$$

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_2$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 m_3} \quad \text{Ec 1.63}$$

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar el diseño geométrico y de la estructura del pavimento de la vía Pinllopata – El Corazón en el tramo Km 7+900 – 11+800, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico del estado actual de la vía.
- Determinar el Tráfico promedio diario anual (TPDA) actual y futuro.
- Realizar el diseño horizontal, vertical y transversal de la vía.
- Realizar el estudio de suelos mediante los ensayos de granulometría, límites de consistencia, Proctor, CBR.
- Diseñar la estructura del pavimento utilizando el método AASHTO.
- Determinar el presupuesto referencial.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

2.1.1 Materiales

2.1.1.1 Pintura en Aerosol.

Pintura que se usa para identificar los puntos de interés para el proyecto, generalmente estos puntos son señalizados con estacas sobre la cual se usa la pintura o en caso de existir aceras se usa directamente sobre el concreto, el color más usado es el rojo porque brinda una buena visualización. (VER ANEXO 1: MATERIALES DE LA PÁGINA 139)

2.1.1.2 Estacas de madera

Son trozos de madera de madera rectangulares, las cuales constan de una punta afilada y pueden ser de una gran variedad de tamaños según se necesite en el proyecto. Sirve para georreferenciar un punto importante para el proyecto. (VER ANEXO 1: MATERIALES DE LA PÁGINA 139)

2.1.1.3 Libreta de campo

Sirve para documentar datos relevantes para el proyecto, como son puntos de referencia, datos de la población, tipos de vehículos que circulan por la vía, etc. En estos registros se debe colocar la fecha y hora de cualquier evento que suceda. (VER ANEXO 1: MATERIALES DE LA PÁGINA 139)

2.1.1.4 Clavos

Sirven para colocarlos en el centro de las estacas para marcar con precisión el punto que va a ser georreferenciado para el proyecto, estos también se pueden usar en

concreto según se necesite igual para referenciar un punto en interés. (VER ANEXO 1: MATERIALES DE LA PÁGINA 139)

2.1.1.5 Muestra de suelo

Es una parte del suelo que se toma del sitio del proyecto, la cual se utilizara para realizar ensayos para determinar todas sus propiedades, estas muestras se toman de calicatas de 1,5 m de profundidad, estas calicatas se las debe hacer cada 500 m de tramo de la vía y se debe tomar 50 Kg de muestra. (VER ANEXO 1: MATERIALES DE LA PÁGINA 139)

2.1.2 Equipos

2.1.2.1 Combo

Es una herramienta la cual usamos para colocar las estacas en su sitio, también se usa para poner en su lugar a los clavos. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.2 Pala

Es una herramienta la cual nos ayuda a retirar el material que se encuentra dentro de las calicatas que realizamos para extraer las muestras de suelo. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.3 Pico

Es una herramienta la cual nos permite realizar la excavación para las calicatas, para así obtener también las muestras de suelo. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.4 Banderas

Son banderas de color amarillo y negro la cual sirve para poder solapar las ortofotos al momento de procesarlas, sus dimensiones son de 1,50 * 1,50 metros. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.5 Flexómetro

Herramienta usada para medir distancias relevantes para nuestro proyecto, como son las alturas de nuestros puntos de referencia desde el suelo hasta el trípode del R10. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.6 Sacos

Bolsa de tela la cual sirve para almacenar las muestras de suelo tomadas de las calicatas, estas nos permiten transportarlas desde el sitio del proyecto hasta los laboratorios donde se realizan los ensayos. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.7 Computadora

Es una herramienta la cual nos permite procesar grandes cantidades de datos, así mismo nos permite elaborar todas las partes de la tesis, planos y demás tipos de datos. Para el presente proyecto se usó una: Laptop Dell Inspiron 17” con un procesador Intel(R) Core (TM) i7-5500U con una frecuencia de 2.40GHz, memoria RAM de 8 GB, Tarjeta Gráfica NVIDIA GeForce 920M de 4 GB y con un disco duro de 1 TB. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.8 Equipo de Navegación Cinética en Tiempo Real Trimble R10 (RTK)

Es un sistema de medición GNSS (Global Navigation Satellite System) el cual ofrece un excelente rendimiento de rastreo satelital avanzado. Además puede capturar los puntos de manera precisa, para esto no necesita de una estación base.[22] (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.9 Drone

Se trata de una aeronave no tripulada manejada a distancia, la cual nos permite tomar fotografías aéreas con alta resolución para obtener el mapeo topográfico del proyecto, para este proyecto se utilizó un Drone Phantom 4 Pro, el cual tiene como características peso 1375 g, altura máxima que puede alcanzar 6000 m y con una duración de vuelo máxima de 30 minutos.[23] (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.10 Receptor de Geoposicionamiento Global (GPS)

Es un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) el cual nos permite saber nuestras coordenadas en tiempo real, se lo utiliza para georreferenciar puntos de interés de nuestro proyecto. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.2.11 Trípode

Es una herramienta fabricada en su mayoría con aluminio para que esta sea liviana, la cual se usa para sostener otros equipos de topografía y a su vez también sirve para nivelar sobre los puntos de interés. (VER ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA DE LA PÁGINA 140)

2.1.3 Equipos para Ensayo de Granulometría

2.1.3.1 Juego de tamices

Son herramientas que constan con mallas de distintas aberturas las cuales nos sirven para clasificar los suelos (VER ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142), estos tamices pueden ser:

Tabla 37: Tamices

TAMIZ #	mm
#4	7,46
#8	2,36
#10	2,00
#16	1,18
#30	0,60
#40	0,43
#50	0,30
#60	0,25
#100	0,15
#200	0,08

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

2.1.3.2 Tamizadora

Es un equipo mecánico el cual nos permite tamizar de forma automática los suelos que pasen el tamiz #4, esta máquina consta con un temporizador el cual va de 0 a 30 minutos. ((VER ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142))

2.1.3.3 Brocha

Es una herramienta que nos sirve para limpiar las mallas de los tamices para poder empezar un nuevo ensayo sin alterar la nueva muestra. ((VER ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142))

2.1.3.4 Bandeja

Utilizada para transportar las muestras de suelo, así como también para pesar, cuartear y demás acciones que se necesite para los ensayos de suelos. ((VER ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142))

2.1.3.5 Balanza Electrónica

Es un equipo de alta precisión utilizado para pesar las muestras de suelos necesarias para realizar los ensayos. ((VER ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142)

2.1.4 Equipos para el ensayo Proctor Modificado D

2.1.4.1 Moldes

Es un recipiente circular de 15 cm de diámetro en el cual colocamos la muestra de suelo a ensayar, este molde consta de tres partes las cuales son: collarín del mismo diámetro que el molde, la base cuadrada donde se asegura el mismo, una placa de 6.1 cm de grosor y del mismo diámetro que el molde que sirve como fondo falso de este. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.2 Martillo

Se trata de un cilindro de acero que tiene un peso que viene dado por el tiempo de ensayo a realizar, en este caso se usó uno de 10 lb de peso y con una altura de caída de 18". (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.3 Probeta

Es un recipiente de plástico el cual tiene una graduación para medir la cantidad de agua en ml, este nos brinda la capacidad de colocar la cantidad exacta de agua necesaria para el ensayo que estamos realizando. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.4 Palustre

Es una herramienta la cual nos permite mezclar la muestra de suelo con el agua requerida para la muestra, así como también nos ayuda a colar la muestra de suelo en el molde para así preceder a realizar el ensayo. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.5 Enrasador

Es una barra plana de aluminio, que tiene uno de sus lados biselado y nos permite retirar el exceso de material en un ensayo. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.6 Envases para muestra

Son recipientes pequeños que cumplen la función de almacenar las muestras de suelos que se colocaran en el horno para su secado. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.4.7 Horno

Se lo utiliza para secar las muestras de suelo tomadas de los ensayos realizados para así determinar sus propiedades, así como contenidos de humedad. Este horno debe tener una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. (VER ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D) DE LA PÁGINA 143)

2.1.5 Equipos para el Ensayo de los Limites de Atterberg

2.1.5.1 Espátula

Es una herramienta que está fabricada de una lámina de metal con una punta biselada y que consta de un mango de madera, se usa para mezclar la muestra de suelo necesario para el ensayo. (VER ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 144)

2.1.5.2 Acanalador

Es una herramienta hecha de acero, de forma curva la cual nos permite separar la muestra de suelo en dos partes iguales. (VER ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 144)

2.1.5.3 Vidrio

Es una plancha de vidrio la cual tiene como objetivo brindar una superficie lisa para realizar los filamentos de muestra necesarios para el ensayo. (VER ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 144)

2.1.5.4 Mortero

Recipiente generalmente de porcelana donde se coloca la muestra de suelo que se va a mezclar con el contenido de agua necesario para el ensayo. (VER ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 144)

2.1.5.5 Cuchara de Casa Grande

Herramienta mecánica la cual está constituida por una cuchara de bronce y un motor el cual da el poder necesario para realizar un movimiento de arriba hacia abajo generando un golpe controlado. (VER ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 144)

2.1.6 Equipos para el Ensayo CBR

2.1.6.1 Trípode para Dial.

Se trata de una herramienta la cual se usa para sostener el dial, este trípode debe tener las medidas del molde sobre el cual se lo va a colocar. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.1.6.2 Placas de metal

Son placas de metal que constan con una abertura donde encaja el pistón de la máquina de CBR. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.1.6.3 Tanque

Es un tanque lleno de agua a cierta temperatura controlada donde se sumergen las muestras de suelo a ser ensayadas para medir su grado de saturación y expansión del suelo. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.1.6.4 Dial

Consiste en una herramienta la cual nos permite medir la expansión del suelo sumergido dentro del tanque. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.1.6.5 Papel fieltro

Es un papel que no deja que la muestra de suelo se pegue en la base del molde facilitando la limpieza de este, este papel se lo corta de la misma forma y dimensión que el molde. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.1.6.6 Máquina de CBR automática.

Es un equipo que aplica cargas sobre la muestra de manera automática, se usa para obtener el valor de penetración que soporta el suelo. (VER ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R DE LA PÁGINA 145)

2.2 Métodos investigativos.

Para la elaboración del presente proyecto se utilizó métodos de investigación como son la investigación de campo, investigación experimental e investigación bibliográfica documental.

2.2.1 Recopilación de información experimental

Es la realización de los ensayos de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas de la zona de estudio, para la obtención de las propiedades físico-mecánicas del suelo siguiendo las normativas vigentes que más adelante se detallaran.

2.2.2 Recopilación de información de Campo

Es la obtención de información necesaria para el presente proyecto, esto se lo realiza en el lugar del estudio, así como la obtención de las muestras de suelo, conteo vehicular, levantamiento topográfico, reconocimiento de la zona.

2.2.3 Bibliografía Documental

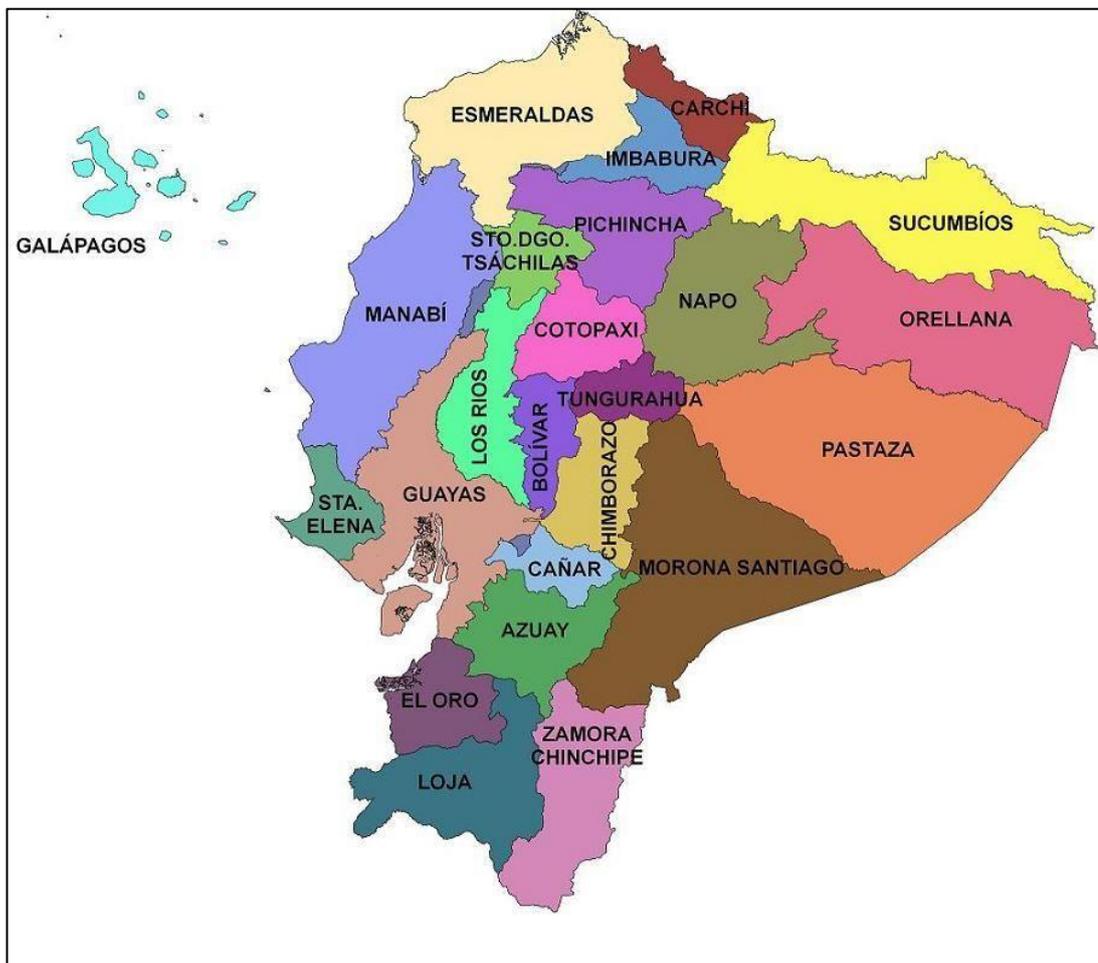
Es la obtención de información existente en libros, artículos científicos, revistas, tesis, etc. También se utiliza el internet como medio digital para obtener información relevante para el presente proyecto.

2.3 Datos del Proyecto

2.3.1 Ubicación Macro del Proyecto

Ecuador se encuentra ubicado geográficamente en América del Sur, sus límites son: al Norte con Colombia, al Oeste con el Océano Pacífico, al Este y al Sur con Perú. Se divide en 4 regiones siendo estas: Amazonia, Sierra, Costa e Insular; a su vez está dividida en 24 Provincias, su superficie abarca un total de 283560 Km².

Figura 32: Mapa Político del Ecuador.



Fuente: Proyecto Mapamundi (2018)

2.3.2 Ubicación Meso del Proyecto

La provincia de Cotopaxi se encuentra ubicada en la zona centro del país y está limitada por: al Norte por la Provincia de Pichincha, al Oeste con las Provincias de Los Ríos y Santo Domingo, al Este con la Provincia de Napo y al Sur con las Provincias de Bolívar y Tungurahua. Esta provincia está dividida en 7 cantones los cuales son: Pangua, La Mana, Salcedo, Sigchos, Pujilí, Latacunga y Saquisilí, los cuales ocupan una superficie total del 6569 Km².

Figura 33:División de la Provincia de Cotopaxi.



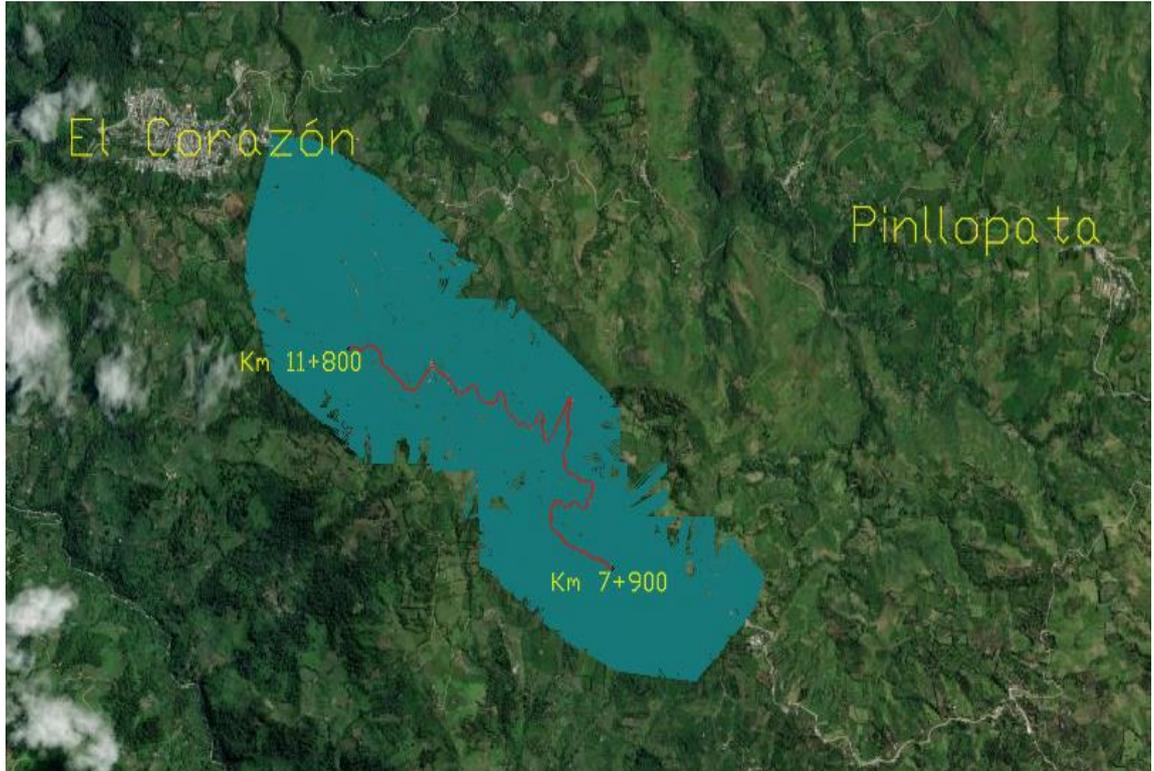
Fuente: País Bonito (2020)

2.3.3 Ubicación Micro del Proyecto

El cantón Pangua consta de una superficie total de 714,9 Km² y se encuentra limitado por: al Norte por la Mana, Píllalo y Pujilí; al Sur con el río Piñanatug que divide a la Provincia de Cotopaxi con Bolívar; al Este con Angamarca y Pujilí; y al Oeste con Quinsaloma, Ventanas y Quevedo.

El presente proyecto se encuentra ubicado entre las parroquias Pinllopata y el Corazón, esta vía consta de una longitud de 3,9 Km y sus coordenadas son: Punto Inicial (N 716288, W 9871872), Punto Final (N 714586, W 9873100) UTM WGS84 ZONA 17S.

Figura 34: Ubicación del Proyecto



Fuente: Google Earth 2020

2.4 Plan de Recolección de Datos

Mediante un levantamiento topográfico utilizando un dron Phantom 4 y RTK se obtendrá información como: que servirá para el diseño geométrico, información que será procesada mediante un software.

Para que los resultados del presente proyecto arrojen una vía que cumpla con las estipulaciones que propone el Ministerio de Transporte y Obras Publicas se debe obtener un diseño que tenga comodidad, seguridad y un costo bajo. Para esto se deberá seguir el siguiente proceso:

2.4.1 Muestras de suelo

Para este apartado se debe considerar tomar muestras de suelo cada 500 m de vía, esta muestra se tomará a un costado del eje vial, para lo cual se debe realizar una calicata que debe tener las siguientes dimensiones de 1,20 x 1,20 x 1,20 m. Estas muestras de suelo obtenidas se ensayarán en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y

Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato siguiendo las normativas estipuladas a continuación:

1. Contenido de humedad natural

2. Análisis granulométrico

- ASTM D-422-63, ASTM D421-58, American Society of Testing Materials
- AASHTO 7-87-70, 7-88-70, American Association of State Highway and Transportations Officials

3. Límites de Consistencia

- ASTM D4318, American Society of Testing Materials

4. Proctor Modificado

- ASTM D -698– 91, D-1557 – 91, American Society of Testing Materials
- AASHTO T-180 – 93, T-99-94, American Association of State Highway and Transportations Officials

5. CBR

- ASTM D 1883, California Bearing

2.4.2 Levantamiento Topográfico

Para este apartado se debe conocer la zona del proyecto y así tomar una decisión sobre qué tipo de levantamiento topográfico es posible realizar según las condiciones del terreno, para el presente proyecto se tomó la decisión de realizar una topografía aérea utilizando un Drone que nos permita obtener mediante la fotogrametría las curvas de nivel necesarias para el proyecto.

Debemos georreferenciar la zona de estudio para lo cual se debe colocar estacas en los puntos de interés, luego colocamos el dispositivo RTK 10 el mismo que puede ser fijo o móvil. Para poder traslapar las fotografías colocaremos banderas en puntos georreferenciados, así estos puntos se visualizarán de mejor manera.

El plan de vuelo del dron, sigue un polígono ya estipulado con anterioridad, tomando en cuenta que este tiene un tiempo de vuelo aproximado de 30 minutos por carga.

2.4.3 Conteo Vehicular

El conteo vehicular se lo realizará en un punto estratégicamente ubicado para poder obtener los datos más precisos posibles del flujo vehicular de la vía, este conteo se llevará a cabo durante 12 horas corridas, por 7 días a la semana. (VER ANEXO 8: CONTEO VEHICULAR DE LA PÁGINA 155)

2.5 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información

2.6.1 Plan de Procesamiento de la Información

Se desarrollará de la siguiente manera para asegurar un diseño óptimo de la vía:

- Procesamiento de los datos obtenidos, por el dron mediante un software.
- Tabulación de los datos obtenidos del conteo vehicular para determinar el TPDA.
- Graficar la franja de terreno de la vía de estudio en un plano.
- Determinación del tipo de vía que se va a diseñar considerando la topografía obtenida y también el TPDA.
- Realización del diseño geométrico horizontal, vertical y transversal de la vía según lo estipulado en el MTOP 2003.
- Cálculo de los volúmenes de corte y relleno
- Elaboración de un presupuesto referencial de la vía.

2.6.2 Análisis de la Información

Toda la información que se ha obtenido del campo se deberá regir en función de las normas viales vigentes en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP 2003) en lo que se refiere a diseño geométrico y para diseño de pavimentos deberá regirá en las normativas ASTM y AASHTO-93.

CAPÍTULO III

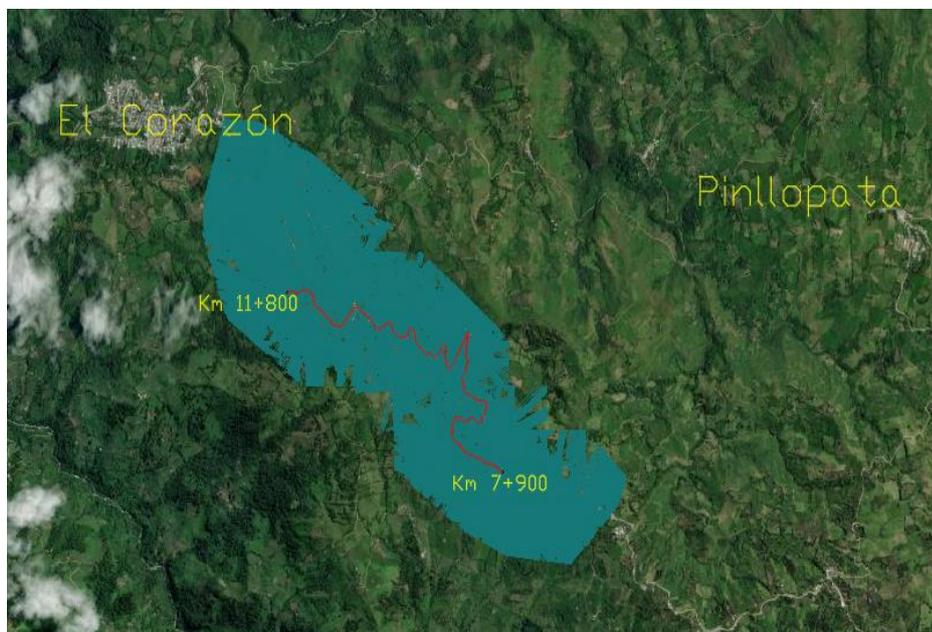
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y Discusión de Resultado

3.1.1 Estudio Topográfico

Una vez que obtuvimos toda la información de campo por medio de los equipos como son el Drone (Phantom 4 Pro) y el equipo de navegación cinética en tiempo real (Trimble RTK 10) desde el tramo de vía Km 7+900 hasta el Km 11+800, la cual se procesó y se obtuvo todos los elementos físicos de la vía siendo estos: el ancho de la vía existente que varía entre 6 a 8 metros de ancho, su relieve, su eje, los bordes de taludes, una franja de terreno de 100 metros de ancho referente al eje de la vía existente, construcciones existentes a lo largo de la vía. Se puede observar las fotografías del trabajo de campo en el (**VER ANEXO 7: ESTUDIO TOPOGRÁFICO DE LA PÁGINA 146**).

Figura 35: Estudio Topográfico



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

3.1.2 Estudio Vehicular

Para poder obtener el volumen de tráfico es necesario clasificar a los vehículos que transitan por la vía en Automóviles (A), Buses (B), Camiones (C), tomando como referencia la normativa del MOP 2003[9], donde se estipula que para los proyectos definitivos se debe realizar un estudio del tráfico manual durante los 7 días de la semana, así como también se debe tomar los datos de tráfico durante 12 horas continuas y estas a su vez en intervalos de 15 minutos.

Se obtuvo datos para el conteo vehicular correspondientes al tramo Km 7+900 hasta Km 11+800 de la vía Pinllopata – El Corazón, el cual arrojo los siguientes valores totales.

Tabla 38: Resumen del Conteo Vehicular Semanal

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR SEMANAL 						
Proyecto: "Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"						
Lugar: Sector La Merced						
Ubicación: Vía Pinllopata - El Corazón Km 3+190			Fecha: 10 -16 de Noviembre			
Sentido: Ambos			Responsable: Max Martínez			
Clima: Soleado						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
164	141	139	137	138	135	109
Vehículos						

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Según MOP 2003[9] el volumen horario de máxima demanda está conformada por:

$$VHMD = A + B + C \quad \text{Ec 3.1}$$

Donde:

A = Cantidad de automóviles que circulan durante la hora pico.

B = Cantidad de buses que circularan durante la hora pico.

C = Cantidad de camiones de máximo dos ejes que circular durante la hora pico.

Para el censo vehicular se utilizó el método analítico por medio del cual obtuvimos datos de tráfico para los 7 días de la semana, tomando en cuenta las siguientes características:

Ubicación de la Estación de Conteo

Ubicado en La Merced perteneciente al cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi.

Tipo de Conteo

Conteo Manual

Intervalo de Tiempo dentro de cada Hora para el Proyecto

15 minutos

Fecha de Inicio y Fin para el conteo vehicular

Desde el domingo 10 de noviembre del 2019 hasta el sábado 16 de noviembre del 2019.

Lapso del Conteo Diario

Se tomarán los datos de trafico de 12 horas desde las 6:00 am hasta las 18:00 pm.

Dirección de Circulación

Pinllopata al Corazón (Este a Oeste)

El Corazón a Pinllopata (Oeste a Este)

Número de carriles

2 carriles

Se puede visualizar en (**ANEXO 8: CONTEO VEHICULAR DE LA PÁGINA 155**) todos los datos correctamente tabulados para cada día de la semana desde el domingo 10 de noviembre del 2019 hasta el sábado 16 de noviembre del 2019, estos datos están tomados en intervalos de 15 minutos desde las 6:00 am hasta las 18:00 pm.

Tabla 39: Cuento Manual por Día (Día de mayor circulación vehicular)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO MANUAL POR DÍA 											
Proyecto:		"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinlopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"									
Lugar:		Sector La Merced									
Ubicación:		Via Pinlopata - El Corazón Km 3+190			Fecha:		Domingo 10 de Noviembre del 2019				
Sentido:		Ambos			Día:		1				
Clima		Soleado			Responsable:		Max Bryan Martínez				
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	4		1	5		12:00 - 12:15	7			7	24
06:15 - 06:30	2			2		12:15 - 12:30	5	6	3	14	7
06:30 - 06:45		1		1		12:30 - 12:45	3			3	21
06:45 - 07:00	2			2	10	12:45 - 13:00	1	1		2	26
07:00 - 07:15				0	5	13:00 - 13:15	3			3	22
07:15 - 07:30	2			2	5	13:15 - 13:30	5	1		6	14
07:30 - 07:45		1		1	5	13:30 - 13:45	1			1	12
07:45 - 08:00	1			1	4	13:45 - 14:00	6	2	1	9	19
08:00 - 08:15	2	1		3	7	14:00 - 14:15	6	1	2	9	25
08:15 - 08:30				0	5	14:15 - 14:30		1	1	2	21
08:30 - 08:45	2			2	6	14:30 - 14:45			1	1	21
08:45 - 09:00		1		1	6	14:45 - 15:00	1		1	2	14
09:00 - 09:15	2		1	3	6	15:00 - 15:15	2		1	3	8
09:15 - 09:30		1		1	7	15:15 - 15:30		1		1	7
09:30 - 09:45		1		1	6	15:30 - 15:45		1		1	7
09:45 - 10:00	5			5	10	15:45 - 16:00	1		1	2	7
10:00 - 10:15	3	1	2	6	13	16:00 - 16:15		1		1	5
10:15 - 10:30	3			3	15	16:15 - 16:30	2	1		3	7
10:30 - 10:45	6	3	1	10	24	16:30 - 16:45	1		1	2	8
10:45 - 11:00	6		2	8	27	16:45 - 17:00	2			2	8
11:00 - 11:15	4		2	6	27	17:00 - 17:15	1		1	2	9
11:15 - 11:30	6	1	3	10	34	17:15 - 17:30	1			1	7
11:30 - 11:45		1		1	25	17:30 - 17:45			1	1	6
11:45 - 12:00	6		1	7	24	17:45 - 18:00	3	2		5	9
Sumatoria Total											164

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Donde:

A = Cantidad de automóviles que circulan por la vía.

B = Cantidad de buses que circularan por la vía.

C = Cantidad de camiones de máximo dos ejes que circular por la vía.

3.1.3 Cálculo del Volumen de Tráfico Futuro

3.1.3.1 Tráfico Actual

3.1.3.1.1 Tráfico Existente

Una vez obtenido los datos de campo del conteo manual podemos determinar que el día con mayor tráfico es el domingo, a su vez que dentro de este podemos observar que existe una hora pico u hora de máxima demanda la cual se ubica entre las horas 10:30 am hasta las 11:30 am.

Tabla 40: Hora Pico

Intervalo	Tipo de Vehiculo			Total	Total Acumulado	VHMD
	A Automóviles	B Buses	C Camiones			
10:30 - 10:45	6	3	1	10	24	
10:45 - 11:00	6		2	8	27	
11:00 - 11:15	4		2	6	27	
11:15 - 11:30	6	1	3	10	34	
Porcentaje	64,71%	11,76%	23,53%		100,00%	

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Usamos la fórmula Ec 3.1 de la página 89 para obtener el valor de VHMD:

$$VHMD = A + B + C$$

$$VHMD = 22 + 4 + 8$$

$$VHMD = 34 \text{ vehículos}$$

3.1.3.1.2 Factor Horario de Máxima Demanda de la Hora pico

Para la determinación de este factor usaremos la fórmula Ec 1.2 de la página 10:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{\max})}$$

$$FHMD = \frac{34}{4(10)}$$

$$FHMD = 0,85$$

Donde:

FHMD = Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD = Volumen Horario de Máxima Demanda.

N = Periodos contemplados dentro de 1 hora.

q_{\max} = Flujo máximo en un intervalo de 15 minutos.

Se obtuvo un valor de 0,85 lo cual nos indica que el tráfico es uniforme durante una hora.

3.1.3.1.3 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual Actual

Para obtener el valor de este parámetro se ve necesario usar el método de la trigésima hora de diseño, la cual mediante la **Figura 7:Relación entre los volúmenes horarios más altos del año y el tránsito.** de la página 11) podemos obtener el valor del coeficiente (k), siendo este un valor que está comprendido entre 12% y el 15% para zonas rurales, para efectos de diseño del presente proyecto se tomara el valor máximo 15% para “k”.

Usaremos la fórmula Ec 1.3 de la página 11:

$$VHMD = k * TPDA$$

$$TPDA(Actual) = \frac{VHMD}{k}$$

$$TPDA(Actual) = \frac{34}{0,15}$$

$$TPDA(Actual) = 227 \frac{Vehículos}{Día} \text{ en ambos sentidos}$$

3.1.3.1.4 Tráfico Atraído o Desviado (Tat)

Para el presente proyecto tomando en cuenta que estamos en el tramo Km 7+900 hasta el Km 11+800 se debe considerar el tráfico atraído de una vía adyacente para la cual tomaremos como referencia la vía Shuyo- Pinllopata de Fernando Sani el cual tiene un valor de TPDA= 60 Vehículos/ Día.[24] Su fórmula está definida por la Ec 1.7 de la página 13:

$$Tat = n\% * TPDA(secundario)$$

$$Tat = 10\% * 60 Vehículos/día$$

$$Tat = 6 Vehículos/Día$$

Entonces una vez que tenemos los dos parámetros anteriores usamos la fórmula de la Ec 1.6 de la página 12.

$$TA = Te + Tat$$

$$TA = 227Vehículo/Día + 6 Vehículo/Día$$

$$TA = 233 Vehículo/Día$$

3.1.3.2. Incremento del Tráfico

Se encuentra definido por tres parámetros, los cuales son Crecimiento Normal del Tráfico (CNT), el Tráfico Generado (Tg), y el Tráfico Desarrollado (Td). La sumatoria total de estos tres parámetros mencionado no determinara el Incremento de Tráfico. Su fórmula está dada por la Ec 1.8 de la página **¡Error! Marcador no definido..**

$$IT = CNT + Tg + Td$$

3.1.3.2.1 Crecimiento Normal del Tráfico

Se determinará mediante la fórmula Ec 1.9 de la página 13, también usaremos la **Tabla 1** la cual nos proporciona los datos de “i”.

$$CNT = TA(1 + i)^n$$

Donde:

CNT = Crecimiento Normal del Tráfico

TA = Tráfico Actual

i = Tasa de crecimiento Vehicular

n = Periodo del Proyecto

Automóviles

$$CNT = 151 * (1 + 3.57\%)^1$$

$$CNT = 156 \text{ veh\u00edculo/d\u00eda}$$

Buses

$$CNT = 27 * (1 + 1.78\%)^1$$

$$CNT = 28 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$CNT = 55 * (1 + 1.74\%)^1$$

$$CNT = 56 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

De la misma manera se procede para obtener los valores de cada uno de los años necesarios o de los años del periodo de dise\u00f1o que en el presente proyecto ser\u00e1 20.

Tabla 41: Crecimiento Normal de Tráfico

Año	% de Tasa de Incremento (i)			Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA actual)		
	A	B	C	A	B	C
2019	3,97%	1,97%	1,94%	151	27	55
2020	3,57%	1,78%	1,74%	156	28	56
2021	3,57%	1,78%	1,74%	162	28	57
2022	3,57%	1,78%	1,74%	167	29	58
2023	3,57%	1,78%	1,74%	173	29	59
2024	3,57%	1,78%	1,74%	180	30	60
2025	3,25%	1,62%	1,58%	186	30	61
2026	3,25%	1,62%	1,58%	192	31	62
2027	3,25%	1,62%	1,58%	198	31	63
2028	3,25%	1,62%	1,58%	204	32	64
2029	3,25%	1,62%	1,58%	211	32	65
2030	3,25%	1,62%	1,58%	218	33	66
2031	3,25%	1,62%	1,58%	225	34	67
2032	3,25%	1,62%	1,58%	232	34	68
2033	3,25%	1,62%	1,58%	240	35	69
2034	3,25%	1,62%	1,58%	247	35	70

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

3.1.3.2.2 Tráfico Generado

Se usará la fórmula Ec 1.10 de la página **¡Error! Marcador no definido.:**

$$Tg = 0,20 TA$$

$$Tg = 0,20 (233vehículos/día)$$

$$Tg = 47 vehículos/día$$

3.1.3.2.3 Tráfico Desarrollado

Se usará la fórmula Ec 1.11 de la página **¡Error! Marcador no definido.:**

$$Td = 0,05 TA$$

$$Td = 0,05 (233 veh/día)$$

$$Td = 12 veh/ día$$

Una vez que tenemos los valores correspondientes a los 3 parámetro procedemos a calcular le Incremento del Tráfico para el periodo de diseño.

$$IT = CNT + Tg + Td$$

$$IT = 415 + 47 + 12$$

$$IT = 474 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.1.3.3. Tr\u00e1fico Futuro

Se obtendr\u00e1 mediante la f\u00f3rmula Ec 1.4 de la p\u00e1gina **;\u00c9rror! Marcador no definido.:**

$$TF_{(2040)} = TA + IT$$

$$TF_{(2040)} = 233 \frac{veh}{d\u00eda} + 474 \frac{veh}{d\u00eda}$$

$$TF_{(2040)} = 707 \text{ veh/d\u00eda}$$

3.1.4 Clasificaci\u00f3n de la V\u00eda

El valor que obtuvimos del tr\u00e1fico futuro para el periodo de dise\u00f1o de 20 a\u00f1os nos dio 707 Veh/d\u00eda, el cual seg\u00fan la clasificaci\u00f3n propuesta por el Ministerio de Transporte y Obras P\u00fablicas (MOP 2003) se denominar\u00eda como una v\u00eda clase III, se puede visualizar esto en la **Tabla 2** de la p\u00e1gina 15.[9]

3.1.5 Velocidad de Dise\u00f1o

Una vez que hemos determinado que la v\u00eda es una de clase III y que su relieve es monta\u00f1oso, se procede a tomar el valor para la velocidad de dise\u00f1o la cual la obtenemos mediante la **Tabla 5** de la p\u00e1gina 18, en donde como el valor del TPDA futuro se acerca m\u00e1s al l\u00edmite superior, entonces se usa el valor recomendable, es decir de 60 Km/h, tanto para el dise\u00f1o horizontal, vertical y la secci\u00f3n transversal a lo largo del proyecto.

3.1.6 Velocidad de Circulaci\u00f3n

Una vez que obtuvimos la velocidad de dise\u00f1o, en base a esta se puede obtener la velocidad de circulaci\u00f3n, ya que estas guardan una correlaci\u00f3n entre s\u00ed, entonces si la

velocidad de diseño es $V = 60 \text{ Km/h}$, la velocidad de circulación será de $V_c = 51 \text{ Km/h}$ considerando un volumen de tránsito intermedio (Ver **Tabla 6** de la Pg. 19).

3.1.7 Diseño Horizontal

3.1.7.1 Radio de Curvatura Mínimo

Para determinar el radio de curvatura se lo hará con la fórmula (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**), los datos necesarios para ejecutar esta fórmula son el coeficiente de fricción lateral y un peralte de curvatura, los cuales nos vienen estipulados en la (**Tabla 7** en la Pg.21), según esta tabla para la velocidad de diseño de 60 Km/h , con un peralte máximo de 10% y un coeficiente de fricción $0,165$, nos da un radio de curvatura mínimo $R_{\min} = 107 \text{ m}$.

3.1.7.2 Sobreancho

Para determinar este parámetro el MOP-2003 nos proporciona una fórmula la cual esta estipulada en la (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**), así como también nos proporciona unos valores mínimos los cuales podemos observar en la **Tabla 12** de la Pg.37, estos valores que nos recomienda el MOP-2003 son con el fin de evitar costos elevados, entonces para nuestra velocidad de diseño 60 Km/h tendremos un sobreancho de 40 cm . [9]

3.1.7.3 Distancia de Visibilidad de Parada

Se obtendrá el valor de este parámetro por medio de las fórmulas estipuladas en (Ec 1.35Ec 1.36Ec 1.37Ec 1.38) de la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**

$$d1 = 0,7 V$$

$$d1 = 0,7(60\text{Km/h})$$

$$d1 = 42,00 \text{ m}$$

$$f = \frac{1,15}{(51)^{0,3}}$$

$$f = 0,356$$

$$d2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm e)}$$

$$d2 = \frac{60^2}{254 * (0,356 \pm 0,07)}$$

$$d2 = 33,27 \text{ m o } 49,56 \text{ m}$$

$$Dp = d1 + d2$$

$$Dp = 42,00 \text{ m} + 33,27 \text{ m o } Dp, = 42,00 \text{ m} + 49,56 \text{ m}$$

$$Dp = 75,27 \text{ m o } Dp, = 91,56 \text{ m}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros.

V = Velocidad de diseño en kilómetros por hora.

F = Coeficiente de rozamiento de la capa de rodadura.

E = Gradiente Longitudinal.

Se puede apreciar que el valor de la distancia de parada varía entre 75 m hasta 92 m, entonces el MOP 2003 nos sugiere un valor mínimo para este parámetro de 70 m (Ver **Tabla 13** en la Pg. 39).

3.1.7.4 Distancia de Visibilidad para Rebasamiento

Para obtener este parámetro, tomamos como base la velocidad, y lo calculamos mediante la fórmula (Ec 1.44 de la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**)

$$Dr = 9,54 * V - 218 \rightarrow (30 < V < 100)$$

$$Dr = 9,54 * 60 - 218$$

$$Dr = 411.64 \text{ m}$$

Donde:

Dr = Distancia de rebasamiento en metros.

V = Velocidad promedio del vehículo rebasante en kilómetros por hora.

El MOP-2003 nos propone una tabla en la cual en base a la velocidad de diseño 60 Km/h podemos obtener la velocidad del vehículo rebasante 66 Km/h y así determinamos la distancia mínima de rebasamiento Dr = 415 m.

3.1.8 Diseño Vertical

3.1.8.1 Gradiente Longitudinal

Este parámetro viene estipulado por el tipo de vía, es decir que para el presente proyecto que se define como una vía tipo III el valor de la gradiente longitudinal es de 7.00 % como su valor máximo y 0,5% como su valor mínimo.

3.1.8.2 Curvas Verticales

Para calcular la longitud de las curvas verticales es necesario tener un valor de un coeficiente “K”, este valor se va a usar tanto para curvas convexas, así como también para las curvas cóncavas. El valor de K se tomará de la **Tabla 16** de la Pg. 46 y es K=12.

3.1.8.3.1 Curvas Verticales Convexas

Para determinar la longitud mínima de las curvas convexas se usará la fórmula estipulada en (Ec 1.48 en la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**), en donde se usará una velocidad de diseño de 60 Km/h.

$$L_{min} = 0,6 * V$$

$$L_{min} = 0,6 * 60 \text{ Km/h}$$

$$L_{min} = 36 \text{ m}$$

Los valores de longitud que se calcules por cualesquiera de los métodos existentes no pueden ser menor que el valor obtenido en L_{min} . [9]

3.1.8.3.2 Curvas Verticales Cóncavas

Para determinar la longitud mínima de las curvas cóncavas se usará la fórmula estipulada en (Ec 1.49 en la Pg. **¡Error! Marcador no definido.**), en donde se usará una velocidad de diseño de 60 Km/h.

$$L_{min} = 0,6 * V$$

$$L_{min} = 0,6 * 60 \text{ Km/h}$$

$$L_{min} = 36 \text{ m}$$

Los valores de longitud que se calcules por cualesquiera de los métodos existentes no pueden ser menor que el valor obtenido en L_{min} . [9]

3.1.9 Diseño Transversal

3.1.9.1 Calzada

Para determinar este parámetro se debe tomar el valor en función del TPDA de diseño, el cual dictamina que nuestra vía es una de clase III, por lo tanto, el ancho que recomienda el MOP-2003 es de 6,70 m. Esta vía será de 2 carriles de diferente sentido de circulación, para lo cual cada carril tendrá un ancho de 3,35 metros (Ver **Tabla 20** de la **Pg. 50**).

3.1.9.2 Espaldones

Para determinar este parámetro igual se toma su valor en función del TPDA de diseño, para lo cual el MOP-2003 nos recomienda un valor de 1,0 metro para los espaldones, estos deben ser pavimentados del mismo material de la vía y con un peralte transversal máximo del 2% (Ver **Tabla 21** de la **Pg. 51**)

3.1.9.3 Cunetas

Por razones de diseño para el presente proyecto las cunetas estarán diseñadas con sus dimensiones mínimas según las Normas del MOP-2003 [9], en la cual nos sugiere que para vías en las que su topografía sea montañosa, se debe tener una cuneta de 30 cm de profundidad con respecto a la rasante y no se la subrasante, su ancho será de 1 metro y la misma se debe revestir para así proteger el pavimento de la vía. Esto se toma de esta manera ya que no se efectuó un estudio hidrográfico del sector del proyecto.

3.1.9.4 Taludes

Para este parámetro se deberá diseñar con dimensiones mínimas de la pendiente para así mantener un proyecto que sea económico, sabiendo que nuestro terreno es montañoso se recomienda tomar como valores para la inclinación de taludes en tramos favorables de 45° (1:1) y para tramos con terreno escarpado de 75° (4:1).

3.1.9.5 Sección Típica

3.1.10 Estudio de Suelos

Para determinar las propiedades del suelo del presente proyecto se ve necesario tomar varias muestras del suelo existente, según la longitud total de la vía se tomará una muestra al inicio y final del tramo de estudio, además también se tomarán muestras cada 500 metros de vía, todas las muestras adquiridas se las llevara al laboratorio para ser analizadas y ensayadas, estas se muestran en el **(ANEXO 9: ESTUDIO DE SUELOS DE LA PÁGINA 162)**.

3.1.10.1 Contenido de Humedad

Para la determinación del contenido de humedad natural de las 9 muestras obtenidas en campo se dividió la muestra en dos, obteniendo así una mayor precisión en los resultados finales.

Tabla 42: Contenido de Humedad Natural

Contenido de humedad					
Abscisa		Coordenadas		Profundidad	Contenido de
		X	Y		
1	7+900	714568	9873153	1,20 m	79,76%
2	8+400	714877	9872955	1,20 m	64,28%
3	8+900	715251	9872915	1,20 m	46,08%
4	9+400	715582	9872855	1,20 m	56,26%
5	9+900	715846	9872675	1,20 m	49,80%
6	10+400	716017	9872731	1,20 m	19,80%
7	10+900	716158	9872366	1,20 m	23,52%
8	11+400	715894	9872175	1,20 m	90,36%
9	11+900	716256	9871897	1,20 m	127,93%

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Se observa que existen tramos con contenidos de humedad muy altos lo que evidencia que en la zona existen precipitaciones fuertes. Así como también se puede evidenciar que existen dos puntos críticos que son el punto 6 que muestra que existe un suelo diferente en esa zona y en el punto nueve que nos dice que ahí existe un suelo muy malo como lo es un limo.

3.1.10.2 Granulometría

Para la obtención de este parámetro se procedió a analizar el porcentaje de partículas que pasan por una serie de tamices, lo cual podemos graficar los valores obtenidos y así describir la granulometría de la muestra.

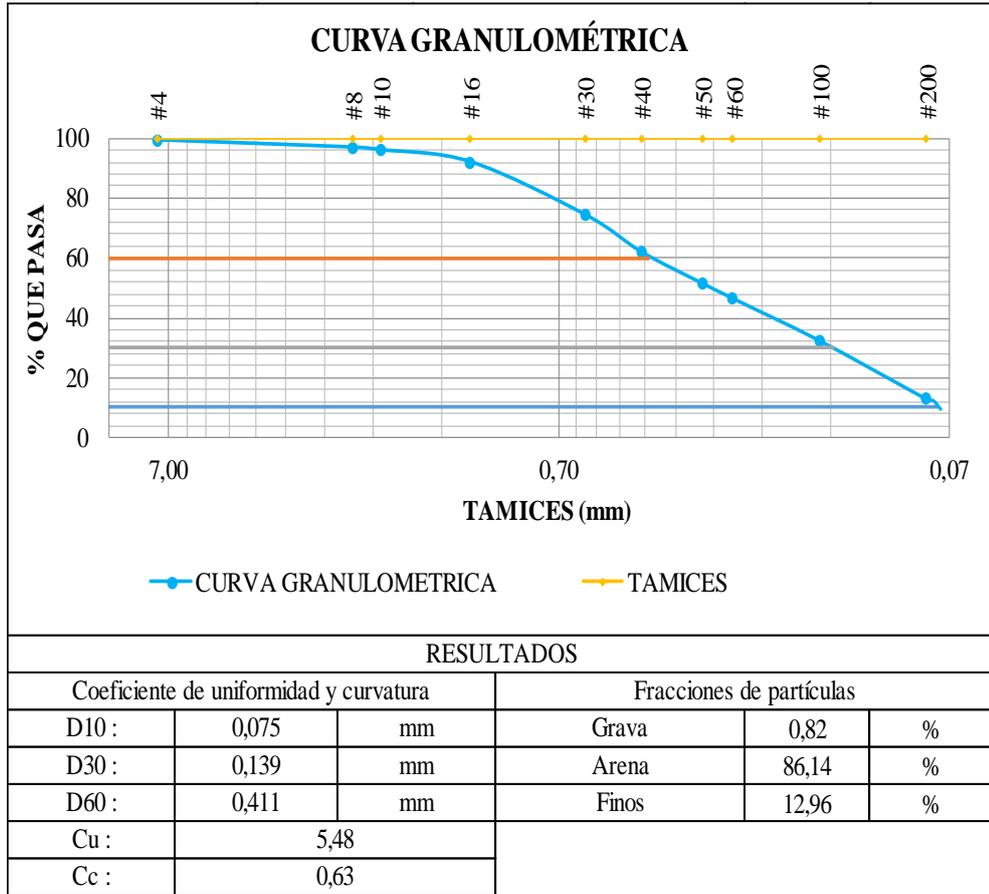
Tabla 43: Granulometría Muestra 7

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	8,20	8,20	0,82	99,18	0,82
#8	2,36	24,10	32,30	3,23	96,77	2,41
#10	2,00	8,70	41,00	4,10	95,90	0,87
#16	1,18	39,80	80,80	8,08	91,92	3,98
#30	0,60	175,40	256,20	25,62	74,38	17,54
#40	0,43	124,30	380,50	38,05	61,95	12,43
#50	0,30	104,60	485,10	48,51	51,49	10,46
#60	0,25	50,90	536,00	53,60	46,40	5,09
#100	0,15	140,20	676,20	67,62	32,38	14,02
#200	0,08	193,40	869,60	86,96	13,04	19,34
PASA #200		129,60	999,20	99,92	0,08	12,96
Peso total (gr):		999,20	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,92

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 36: Curva Granulométrica Muestra 7



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

$$Cu = \frac{0.411}{0.075}$$

$$Cu = 5.48$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D60 * D10}$$

$$Cc = \frac{0.139^2}{0.411 * 0.075}$$

$$Cc = 0.63$$

En donde:

D10 = Llamado por Hazen diámetro efectivo; es el tamaño tal que sea igual o mayor que el 10 % en peso del suelo.

D30 = Tamaño tal, que el 30 % en peso, del suelo, sea igual o menor.

D60 = Tamaño tal, que el 60 % en peso, del suelo, sea igual o menor.

Cu = Coeficiente de Uniformidad.

Cc = Coeficiente de Curvatura.

Con los resultados obtenidos se observa que el porcentaje que pasa por el tamiz #200 es del 13.04 % lo que evidencia que estamos tratando con arenas arcillosas o limosas, para saber exactamente el tipo de suelo con el que tratamos se debe realizar los demás ensayos y así poder clasificarlo correctamente.

El análisis de todas las muestras se encuentra detallado en él, (**ANEXO 10: TABLAS DE GRANULOMETRÍA DE LA PÁGINA 142**)

Tabla 44: Resumen de Granulometría de todas las 9 muestras

Granulometría								
Identificación de las Muestras								
Abscisa		Coordenadas		Fraciones de Partículas (%)			Coeficientes	
		X	Y	Grava	Arena	Limos	Cu	Cc
1	Km 7+900	714568	9873153	0,00	91,40	8,56	2,7	0,86
2	Km 8+400	714877	9872955	0,00	88,11	11,82	3,28	0,6
3	Km 8+900	715251	9872915	0,46	89,86	9,68	3	0,64
4	Km 9+400	715582	9872855	0,00	97,19	2,76	2,69	0,73
5	Km 9+900	715846	9872675	0,00	89,80	10,12	4,11	0,65
6	Km 10+400	716017	9872731	0,66	91,27	7,95	5,4	0,72
7	Km 10+900	716158	9872366	0,82	86,14	12,96	5,48	0,63
8	Km 11+400	715894	9872175	0,00	95,71	4,13	2,7	0,98
9	Km 11+900	716256	9871897	1,15	89,33	9,38	8,98	0,99

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Mediante la tabla resumen podemos apreciar que el tipo de suelo que se tiene presente en la vía es arena mezclada con suelo fino como puede ser arcilla o limo.

3.1.10.3 Límites de Consistencia

Se lo realizara mediante el ensayo de la copa casa grande, obteniendo así los datos de Límite Líquido, Límite Plástico y Índice de Plasticidad, así como también la clasificación del suelo de las nueve muestras obtenidas.

Tabla 45: Límites de Atterberg Muestra



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



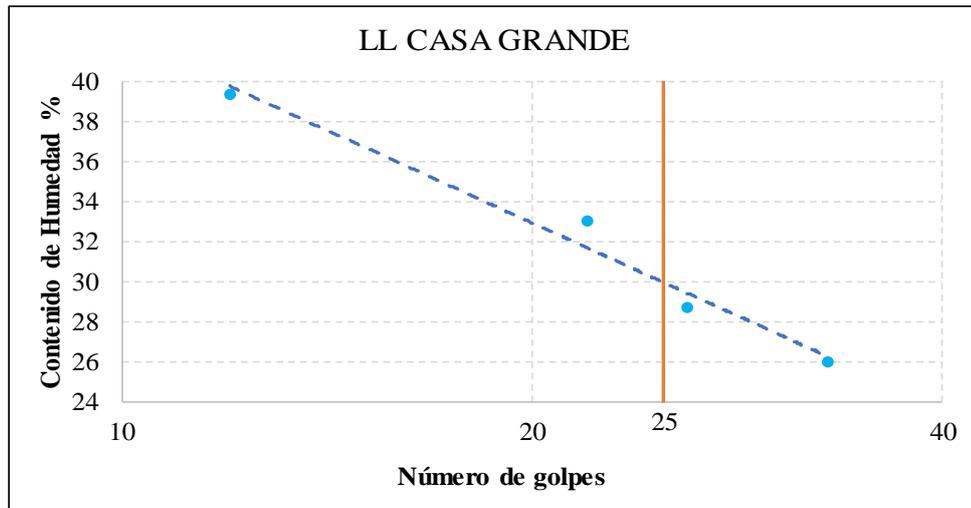
Parroquia: Pinllopata
 Vía: Pinllopata - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

LÍMITES DE ATTERBERG								
Límite Líquido								
Recipiente Nº	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
2	12	19,40	17,20	11,30	2,20	5,90	37,29	39,40
8		18,90	16,70	11,40	2,20	5,30	41,51	
16	22	19,70	17,70	11,50	2,00	6,20	32,26	33,06
20		19,30	17,20	11,00	2,10	6,20	33,87	
27	26	20,20	18,10	10,90	2,10	7,20	29,17	28,69
31		22,00	19,80	12,00	2,20	7,80	28,21	
37	33	19,60	17,90	11,60	1,70	6,30	26,98	25,99
42		18,70	17,20	11,20	1,50	6,00	25,00	
Límite Plástico								
B7		8,40	8,20	7,20	0,20	1,00	20,00	23,36
10		8,70	8,40	7,30	0,30	1,10	27,27	
32		8,30	8,10	7,10	0,20	1,00	20,00	
C3		8,70	8,30	7,00	0,40	1,30	30,77	
T6		9,20	8,90	7,30	0,30	1,60	18,75	

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 37: Límite Líquido Casa Grande Muestra 1



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	29,99	%	SUCS	SM,SC
Límite Plástico	23,36	%		
Índice de Plasticidad	6,63	%	AASHTO	A-2-4 (0)

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Donde después de analizar todos los datos obtenidos, tenemos como resultados lo siguiente:

Límite Líquido (Ll) = 29.99% se toma este valor a los 25 Golpes

Límite Plástico (Lp) = 23.36% es el valor

Índice de Plasticidad (Ip) = 6.63%

Con estos valores podemos clasificar al suelo de la siguiente manera:

SUCS = SM-SC toma esta clasificación ya que el valor del índice de plasticidad cae en un valor de 6.63% que se encuentra comprendido entre 4 y 7 por lo tanto este suelo se dice que es una arena Limo arcillosa.

AASHTO = A-2-4 (Arena Limo arcillosa)

Por medio de estos estudios realizados a cada uno de los 9 tramos obtenemos una tabla resumen para apreciar mejor los resultados, los detalles de cada uno de los cálculos se pueden visualizar en (**VER ANEXO 11: TABLAS DE LIMITES DE ATTERBERG DE LA PÁGINA 175**)

Tabla 46: Tabla Resumen Límites de Atterberg

Identificación de las Muestras								
Abscisa		Coordenadas		Límites Atterberg (%)			Clasificación del Suelo	
		X	Y	L1	Lp	Ip	SUCS	AASHTO
1	Km 7+900	714568	9873153	60,15	54,33	5,82	SP,SC	A-2-5 (0)
2	Km 8+400	714877	9872955	48,50	41,61	6,90	SP,SC	A-2-5 (0)
3	Km 8+900	715251	9872915	29,70	23,73	5,98	SP,SC	A-2-4 (0)
4	Km 9+400	715582	9872855	51,96	46,67	5,29	SP	A-2-5 (0)
5	Km 9+900	715846	9872675	59,19	50,50	8,69	SP,SC	A-2-5 (0)
6	Km 10+400	716017	9872731	27,81	23,36	4,46	SP,SC	A-2-4 (0)
7	Km 10+900	716158	9872366	29,99	23,36	6,63	SM,SC	A-2-4 (0)
8	Km 11+400	715894	9872175	60,23	54,40	5,83	SP	A-2-5 (0)
9	Km 11+900	716256	9871897	63,66	62,09	1,57	SP,SM	A-2-5 (0)

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Mediante la tabla resumen se observa que en el tramo 4 y tramo 8 existen arenas mal graduadas con pocos finos, así como también observamos que en el tramo 7 se presenta una arena limo-arcillosa, en los tramos restantes se mantiene el mismo tipo de suelo el cual es una arena mal graduada con arcilla.

3.1.10.4 Compactación del Suelo

Este parámetro viene dado por el Ensayo de Proctor Modificado, el cual nos determinará ciertas propiedades del suelo y a su vez servirá como inicio para la obtención del CBR (California Bearing Ratio). Para efectos de visualización se mostrará el cálculo de la muestra 1 y los detalles de las demás muestras se las podrá apreciar en el (*ANEXO 12: COMPACTACIÓN DEL SUELO DE LA PÁGINA 184*).

Tabla 47: Ensayo Proctor Modificado Muestra 7



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



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 7

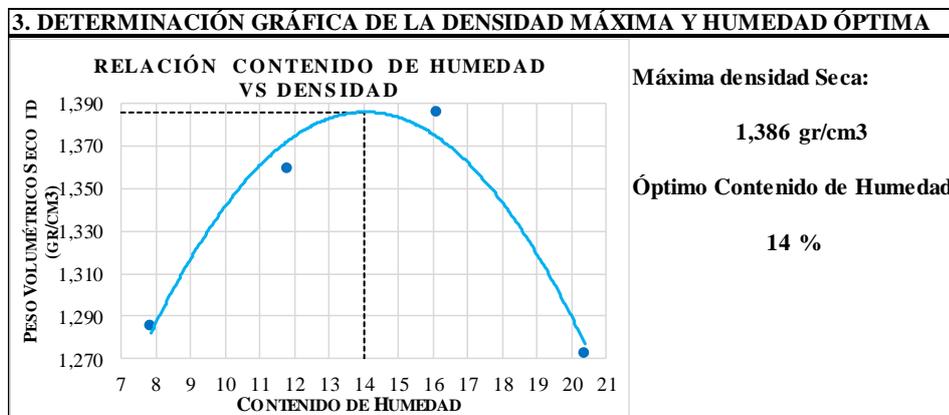
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	16647	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación	Normas		AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	11	15	19				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19567	19847	20035	19873				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2920	3200	3388	3226				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,387	1,520	1,610	1,533				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	2	3	4	5	20	25	27	33
Peso del recipiente W _r	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3	25,2	25,1
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	130,9	127,4	124,4	125,4	112,8	111,5	138,6	132,1
Rec+suelo seco W _s + W _m	123,3	120	114,1	114,6	100,7	99,3	119,4	114
Peso sólidos W _s	98,2	93,1	88,4	90,4	76,1	75	94,2	88,9
Peso del agua W _w	7,6	7,4	10,3	10,8	12,1	12,2	19,2	18,1
Cont. Humedad ω %	7,74	7,95	11,65	11,95	15,90	16,27	20,38	20,36
Cont. Humedad promedio ω %	7,84		11,80		16,08		20,37	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,286		1,360		1,387		1,273	

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 38: Gráfica de Densidad Seca vs Contenido de Humedad



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

De los datos obtenidos podemos destacar que el contenido de humedad óptimo refleja que es un suelo de tipo arena limo arcillosa, coincidiendo así con los resultados obtenidos en los otros ensayos. También este ensayo nos proporciona la densidad máxima de la muestra la cual nos será útil para el realizar los cálculos en el siguiente ensayo.

Para visualizar de forma resumida los datos obtenidos, a continuación, se presenta una tabla de resumen con los valores obtenidos en los 9 puntos.

Tabla 48: Tabla Resumen Densidad Máxima y Humedad Óptima

Densidad Máxima VS Humedad Óptima					
Identificación de las Muestras					
Abscisa		Coordenadas		Densidad Máxima (gr/cm³)	Contenido Óptimo de Humedad (%)
		X	Y		
1	Km 7+900	714568	9873153	1,183	38,50
2	Km 8+400	714877	9872955	1,286	38,20
3	Km 8+900	715251	9872915	1,167	17,00
4	Km 9+400	715582	9872855	1,242	42,00
5	Km 9+900	715846	9872675	1,198	44,00
6	Km 10+400	716017	9872731	1,423	16,00
7	Km 10+900	716158	9872366	1,386	14,00
8	Km 11+400	715894	9872175	1,186	49,00
9	Km 11+900	716256	9871897	1,037	49,60

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

3.1.10.5 California Bearing Ratio (CBR).

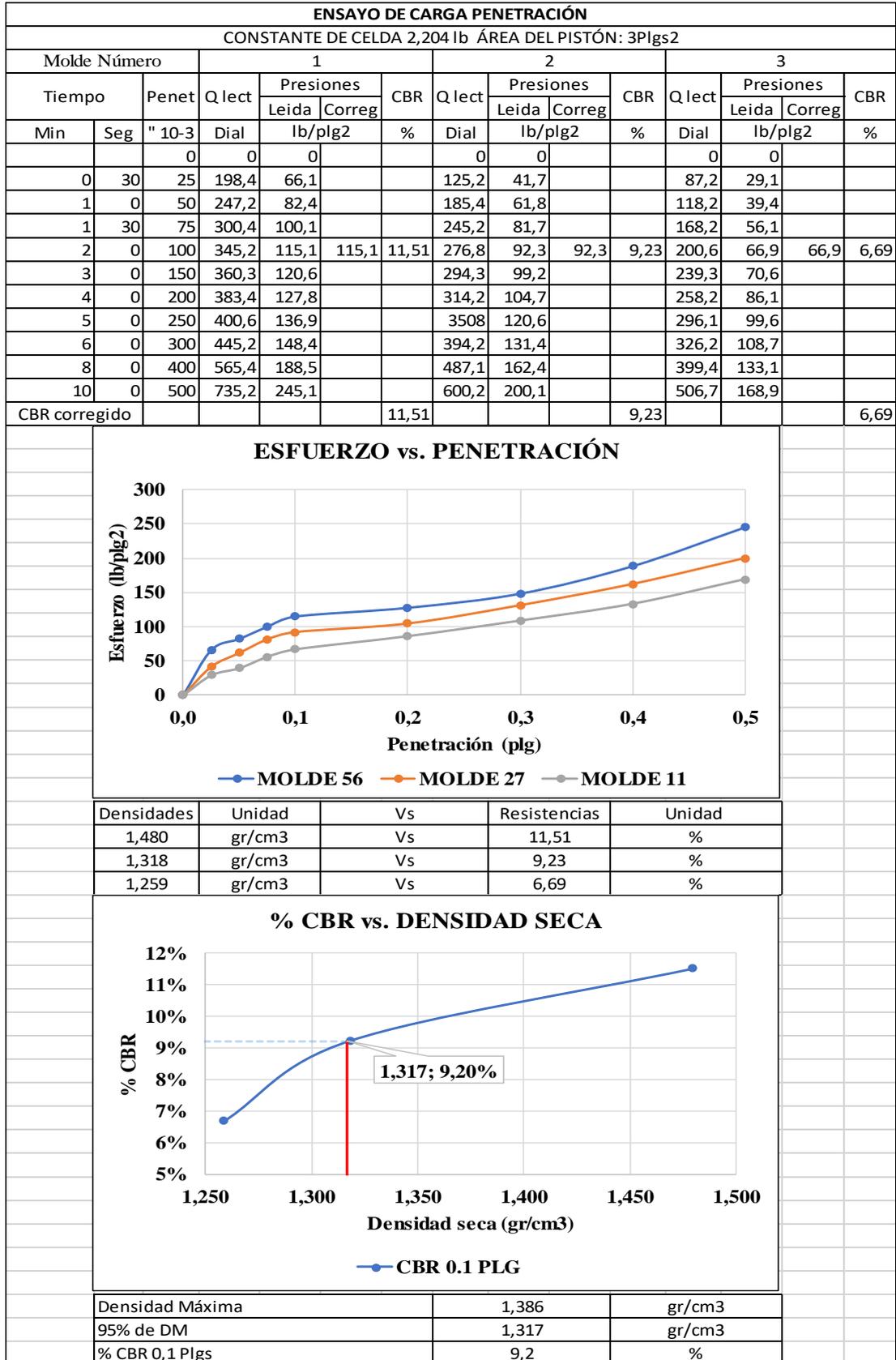
Para determinar este parámetro, se lo realizaremos a todas las muestras obtenidas en el campo, lo cual nos da como resultados la capacidad portante del suelo de la muestra ensayada, tomando en cuenta la densidad seca máxima y una humedad optima antes determinada.

Tabla 49: Ensayo CBR muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Parroquia: Pinlopatá		Proyecto: Tesis de Grado				
Vía: Pinlopatá - El Corazón		Normas: AASHTO T 193 2013				
Profundidad: 1,20 m		Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo				
Fecha: 19 - Nov - 2019		Revisado Por: Ing. Marisol Bayas				
Muestra: 7		Coordenadas: X:716158 Y: 9872366				
ENSAYO CBR						
Molde #	1	2	3			
# de Capas	5	5	5			
# de Golpes	56	27	11			
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11334	11578	11306	11385	10714	11147
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3789	4033	3408	3757	3231	3664
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,682	1,790	1,514	1,669	1,435	1,627
Densidad Seca (gr/cm3)	1,480	1,527	1,318	1,384	1,259	1,322
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,504		1,351		1,290	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Número de Recipiente	T03	T30	T31	T07	T34	T10
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	100,5	114,2	121,3	120,9	108,4	107,9
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	92,4	105,1	110,3	110,2	99,4	100,3
Peso del Agua (gr)	8,1	9,1	11	10,7	9	7,6
Peso del Recipiente (gr)	34,4	36,6	36,1	38,3	36,3	44,7
Peso de Muestra Seca (gr)	58	68,5	74,2	71,9	63,1	55,6
Contenido de humedad (%)	13,97	13,28	14,82	14,88	14,26	13,67
Contenido de Humedad Promedio	13,63		14,85		13,97	
Agua Absorbida (%)	6,44%		2,32%		13,40%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN						
Número de Recipiente	1	2	5	6	7	16
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	114,2	108,7	132,6	137,4	98,8	110,1
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	98,2	94,2	111,2	115,2	81,8	90,7
Peso del Agua (gr)	16	14,5	21,4	22,2	17	19,4
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	90,6	86,8	103,7	107,7	74,3	83,2
Contenido de humedad (%)	17,66	16,71	20,64	20,61	22,88	23,32
Contenido de Humedad Promedio	17,18		20,62		23,10	

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 39: Gráficos del CBR



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

En donde:

De los datos obtenidos tenemos que el CBR para la muestra modelo es de 9.2% lo cual según la **Tabla 27**: Usos del suelo según el CBR de la Página 60, es un suelo de mala calidad.

Así como en los demás ensayos también visualizaremos una tabla de resumen donde se podrá apreciar todos los resultados obtenidos de cada una de las muestras. Para visualizar con detalle los datos obtenidos de cada muestra dirigirse a los anexos. (**VER ANEXO 13: ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DE LA PÁGINA 193**).

Tabla 50:Tabla Resumen CBR

Identificación de las Muestras				
Abscisa		Coordenadas		% CBR
		X	Y	
1	Km 7+900	714568	9873153	12,8
2	Km 8+400	714877	9872955	8,2
3	Km 8+900	715251	9872915	10,9
4	Km 9+400	715582	9872855	12,1
5	Km 9+900	715846	9872675	10,4
6	Km 10+400	716017	9872731	15,1
7	Km 10+900	716158	9872366	9,2
8	Km 11+400	715894	9872175	10,6
9	Km 11+900	716256	9871897	5

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

3.1.11 Cálculo y Diseño del Pavimento

Para el diseño del pavimento del presente proyecto se utilizará el método AASHTO 93 de pavimentos flexibles, en el cual necesitaremos un conjunto de parámetros que nos determinaran los espesores de cada capa del pavimento. Para este método existe una fórmula la cual se puede visualizar en la Ec 1.55 de la Página **¡Error! Marcador no definido..**

$$Log_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9.36 Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 Log_{10} M_r - 8.07$$

En donde:

W18 = Es el número de ejes simples equivalentes a 18000 lb es decir 80 KN.

Zr = Área bajo la curva (distribución y estandarizada), para la confiabilidad R.

So = Desviación estándar de todas las variables.

Δ PSI = Perdida de la serviciabilidad.

Mr = Modulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Numero estructural de un pavimento flexible.

3.1.11.1 Periodo de Diseño

Para el presente proyecto se ha tomado como periodo de diseño de 15 a 20 años, ya que el volumen del tráfico presente en la vía es bajo y también considerando la parte económica (Ver en la Página 64 en la **Tabla 28:** Periodos de diseño).

3.1.11.2 Transito Equivalente (W18)

En el diseño de un pavimento flexible se necesita medir el numero acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 Ton, que se presentara en el carril de diseño. Para esto es necesario cuantificar el factor de daño según el tipo de vehículo.

Tabla 51:Factores de Daño Según el Tipo de Vehículo

Factores de Daño en un Pavimento según el tipo de Vehículo									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DAÑO
	Ton	(P/6.6) ⁴	Ton	(P/6.6) ⁴	Ton	(P/6.6) ⁴	Ton	(P/6.6) ⁴	
BUS	4	0.135	8	0.91					1.04
2EP	2.5	0.021							1.29
	7	1.265							
2E	6	0.683	11	3.24					3.92
3	6	0.683			18	2.07			2.76
4	6	0.683					25	1.40	2.08
5	6	0.683			36	4.15			4.83
> 5E	6	0.683			18	2.07	25	1.40	4.15

Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento”, AASHTO 93

Para el presente proyecto, tomando en cuenta que dentro del TPDA se observa la circulación de buses y camiones de hasta 2 ejes tomaremos como valores del factor de daño **1,04 y 1,29**.

Para la determinación del factor por carril en el presente proyecto se tomará en cuenta que es una vía de III orden, con un carril en cada dirección, por lo tanto, usaremos el **100% del W18** (Ver **Tabla 29**: Factor de Distribución por Carril. en la Página 65).

$$W_{18} = 365 * TPDA\ final * FD * fd \quad \text{Ec 3.2}$$

Donde:

W18 = Número de ejes equivalentes (Periodo de Diseño)

TPDA final = igual al TPDA que corresponde a cada crecimiento normal de tráfico

FD = Factor de daño

fd = Factor de daño direccional

Por lo tanto:

$$W_{18\text{parcial}} = (365 * TPDA\ final(BUs) * FD) + (365 * TPDA\ final(Camion) * FD)$$

$$W_{18\text{parcial}} = (365 * 39 * 1,04) + (365 * 77 * 1,29)$$

$$W_{18\text{parcial}} = 50858$$

$$W_{18\text{acumulado 2040}} = W_{18\text{parcial 2040}} + W_{18\text{acumulado 2039}}$$

$$W_{18\text{acumulado 2040}} = 50858 + 900969$$

$$W_{18\text{acumulado 2040}} = 951827$$

$$W_{18\text{por dirección 2040}} = W_{18\text{acumulado 2040}} * 0,5$$

$$W_{18\text{por dirección 2040}} = 951827 * 0,5$$

$$W_{18\text{por dirección 2040}} = 475913$$

A continuación, se muestra una tabla donde se detalla los cálculos realizados para los ejes equivalentes de cada año de diseño.

Tabla 52:Ejes Equivalentes W18

AÑO	% TASA DE CRECIMIENTO			TPDA FUTURO			CNT	W18 PARCIAL	W18 ACUMULADO	W18 POR DIRECCIÓN	W18 DE DISEÑO
	A	B	C	A	B	C					
2019	3,97%	1,97%	1,94%	151	27	55	233	36219	36219	18110	18110
2020	3,57%	1,78%	1,74%	156	28	56	240	36854	73073	36536	36536
2021	3,57%	1,78%	1,74%	162	28	57	247	37499	110572	55286	55286
2022	3,57%	1,78%	1,74%	167	29	58	254	38156	148728	74364	74364
2023	3,57%	1,78%	1,74%	173	29	59	262	38824	187552	93776	93776
2024	3,57%	1,78%	1,74%	180	30	60	269	39504	227056	113528	113528
2025	3,25%	1,62%	1,58%	186	30	61	277	40133	267189	133594	133594
2026	3,25%	1,62%	1,58%	192	31	62	284	40772	307960	153980	153980
2027	3,25%	1,62%	1,58%	198	31	63	292	41420	349381	174690	174690
2028	3,25%	1,62%	1,58%	204	32	64	300	42080	391460	195730	195730
2029	3,25%	1,62%	1,58%	211	32	65	308	42749	434210	217105	217105
2030	3,25%	1,62%	1,58%	218	33	66	316	43430	477639	238820	238820
2031	3,25%	1,62%	1,58%	225	34	67	325	44121	521760	260880	260880
2032	3,25%	1,62%	1,58%	232	34	68	334	44823	566583	283292	283292
2033	3,25%	1,62%	1,58%	240	35	69	343	45536	612120	306060	306060
2034	3,25%	1,62%	1,58%	247	35	70	352	46261	658381	329191	329191
2035	3,25%	1,62%	1,58%	255	36	71	362	46997	705379	352689	352689
2036	3,25%	1,62%	1,58%	264	36	72	372	47745	753124	376562	376562
2037	3,25%	1,62%	1,58%	272	37	73	382	48505	801630	400815	400815
2038	3,25%	1,62%	1,58%	281	37	74	393	49277	850907	425453	425453
2039	3,25%	1,62%	1,58%	290	38	76	404	50062	900969	450484	450484
2040	3,25%	1,62%	1,58%	300	39	77	415	50858	951827	475913	475913

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Analizando los resultados obtenidos tenemos que el valor de ejes equivalentes o **W18** es igual a 475913, por lo tanto, según la **Tabla 34**: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular. de la Página 70, para nuestro proyecto el espesor de la carpeta asfáltica es de 6,5 cm y el espesor de la base granular es de 10 cm, estos valores son los mínimos que se pueden usar como referencia para el cálculo real de los espesores necesarios.

3.1.11.3 CBR de Diseño

Se lo determina según el criterio de que la resistencia está en función del volumen total del tránsito que tendrá la vía.

El número de ejes por carril para el año 2040 obtenido es de 50858, el cual equivale a $5,0858 * 10^4$, según este valor seleccionamos el porcentaje del CBR de diseño según la siguiente tabla.

Tabla 53: Límites de Selección Según los ejes Equivalentes.

Numero de ejes equivalentes en el carril de Diseño	Percentil a Seleccionar	Tipo de Tráfico
$< 10^4$	60	Liviano
$10^4 - 10^6$	75	Mediano
$> 10^6$	87.5	Mediano o Pesado

Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento”, AASHTO 93

Para el presente proyecto se toma un valor de 75% del CBR, entonces procedemos a encontrar el valor del CBR de diseño.

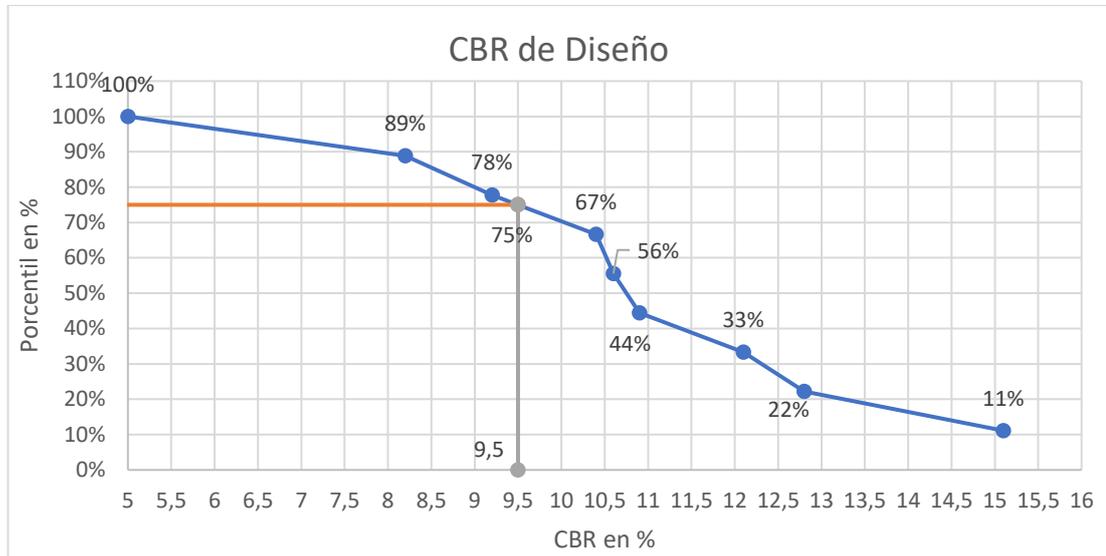
Tabla 54: CBR de Diseño

Abscisa	% CBR	Orden	% de Dureza
Km 11+900	5	9	100%
Km 8+400	8,2	8	89%
Km 10+900	9,2	7	78%
Km 9+900	10,4	6	67%
Km 11+400	10,6	5	56%
Km 8+900	10,9	4	44%
Km 9+400	12,1	3	33%
Km 7+900	12,8	2	22%
Km 10+400	15,1	1	11%

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Graficamos los datos de la tabla y seleccionamos el valor del CBR de diseño a un porcentaje del 75%.

Figura 40: Gráfica del CBR de Diseño



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Según los datos de la gráfica obtenemos que el **CBR de Diseño** es igual a **9.1%**. Según la **Tabla 27:** Usos del suelo según el CBR de la Página 60, se clasifica a nuestro suelo como una subrasante mala.

3.1.11.4 Nivel de Confiabilidad (R)

Este parámetro viene dado por el grado de probabilidad del comportamiento de la estructura del pavimento para llegar al fin del periodo de diseño, para determinarlo veamos la **Tabla 30:** Niveles de confiabilidad. de la Página 65, en la cual nos dice que para nuestro proyecto se debe usar un valor de **R = 75-95**, al considerarse como una vía local y rural.

3.1.11.5 Desviación Estándar Normal (Zr).

Este valor se encuentra en función del valor de nivel de confiabilidad (**R= 85**), por lo tanto, obtenemos el valor de **Zr = -1.037**, ver en la **Tabla 31:** Desviación Normal de la Página 66.

3.1.11.6 Desviación Estándar del Sistema (So).

Según la densidad del tráfico y considerando todas sus variaciones es recomendable usar un valor de **So= 0,45**. (Ver **Tabla 32**: Desviación Estándar. de la Página 66).

3.1.11.7 Módulo de Resiliencia (Mr).

Para la determinación del módulo de resiliencia del suelo debemos ocupar una fórmula que viene dada en función del CBR de diseño que para nuestro caso es 21% y la fórmula que se ocupará será la Ecuación Ec 1.59 de la Pag. 68.

$$Mr = 3000 * (CBR)^{0,65}$$

$$Mr = 3000 * (9.1)^{0,65}$$

$$Mr = 12603.70 \text{ psi}$$

$$Mr = 12.604 \text{ ksi}$$

3.1.11.8 Índice de Serviciabilidad (ΔPSI).

Este parámetro considera que la vía tenga comodidad y seguridad para el tránsito de los vehículos en la vía, lo podemos obtener mediante la fórmula (Ec 1.56 de la Pág. 67).

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final}$$

En donde este parámetro presenta unas condiciones, que son las siguiente:

- 1.- El índice de servicio inicial es de 4,2 para pavimentos flexibles.
- 2.- El índice de servicio final está comprendido entre los valores de 2,5 y 3 cuando se trata de una vía principal, y para el caso de las vías secundarias toma el valor de 2.

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final}$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

3.1.11.9 Espesores por Capa

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 , = Son los coeficientes estructurales o de capa y son adimensionales.

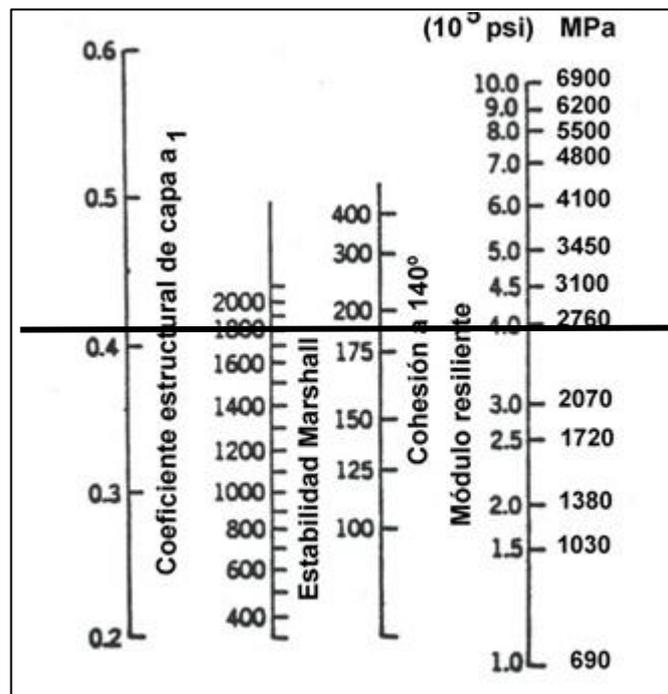
m_1, m_2, m_3 = Son los coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 , = Son los espesores de capas, capa de rodadura, base, subbase respectivamente.

Coefficiente Estructural para la Carpeta Asfáltica (a_1)

Para determinar este parámetro la Norma AASHTO 1993, nos dice que debemos conocer que la estabilidad de Marshall mínima es de 1800 lb, con este dato vemos el Abaco para encontrar el módulo de la carpeta asfáltica.

Figura 41: Coeficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con



Fuente: “Guía para el diseño de pavimentos flexibles”, AASHTO 93

Analizando el monograma podemos obtener que el coeficiente estructural para la carpeta asfáltica es de $a_1 = 0,4$ y su módulo de resiliencia de $3,9 \cdot 10^5$ Psi (390 Ksi). Así como la norma AASHTO 1993 nos proporciona los monogramas, también nos

proporciona una tabla donde podemos interpolar nuestros datos obtenidos para acercarnos más al valor real de a_1 .

Tabla 55: Módulos - Carpeta Asfáltica

Módulos Elásticos		Valores “a1”
Psi	MPa	
125000	875	0.220
150000	1050	0.250
175000	1225	0.280
200000	1400	0.295
225000	1575	0.320
250000	1750	0.330
275000	1925	0.350
300000	2100	0.360
325000	2275	0.375
350000	2450	0.385
375000	2625	0.405
400000	2800	0.420
425000	2975	0.435
450000	3150	0.440

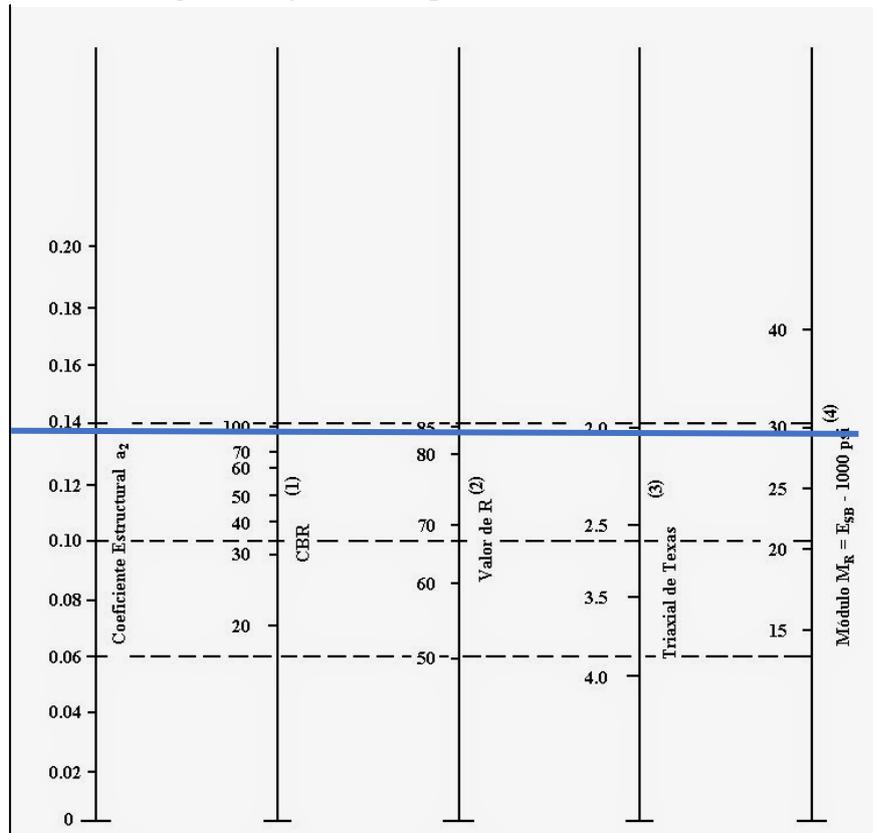
Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

Al interpolar el valor del módulo de resiliencia de $3,9 \cdot 10^5$ Psi, obtenemos que el coeficiente estructural $a_1 = 0,414$.

Coficiente Estructural de la Base Granular (a_2).

Para el Ministerio de Transportes y Obras Públicas la base debe tener un CBR mayor o igual al 80%, el límite líquido menor a 25 y el índice de plasticidad menor a 6; esto lo estableció en el año 2003. Para el presente proyecto asumiremos CBR=80% y con los ábacos presentados a continuación determinamos el valor de a_2 .

Figura 42: Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.



Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

La guía AASHTO 93 nos proporciona una tabla para determinar el valor de a_2 con mayor exactitud y se la presenta a continuación:

Tabla 56: Coeficientes - Capa Base

CBR %	Valor “a2”
20	0.070
25	0.085
30	0.095
35	0.100
40	0.105
45	0.112
50	0.115
55	0.120
60	0.125
70	0.130
80	0.133
90	0.137
100	0.140

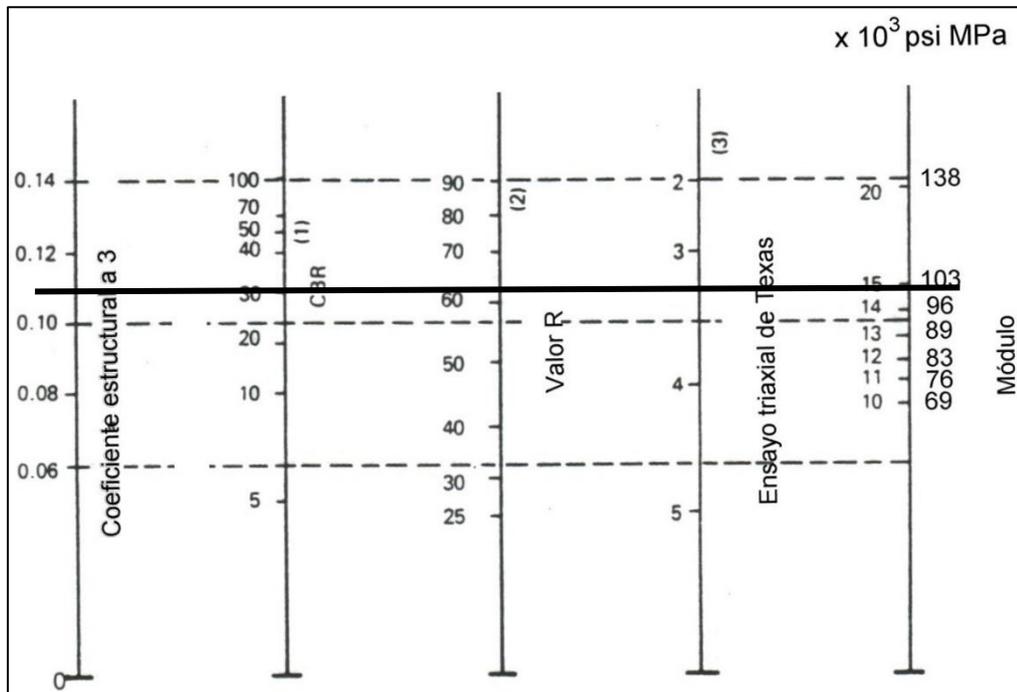
Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

Entonces podemos determinar que el coeficiente $a_2 = 0,133$ y un módulo de elasticidad de 28 Ksi.

Coeficiente Estructural para la Sub base (a_3).

Para este parámetro el Ministerio de Transporte y Obras Públicas dice que debe tener un CBR igual o mayor al 30%, el límite líquido menor a 25 y el índice de plasticidad menor a 6. Para determinarlo precedemos a observar los siguientes gráficos y consiguiente la tabla que nos propone al AASHTO 93.

Figura 43: Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.



Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

Según el ábaco podemos determinar que el módulo es igual $14,9 \times 10^3$ Psi y el $a_3 = 0,11$, una vez con estos datos procedemos a verificarlos mediante la siguiente tabla:

Tabla 57: Coeficientes – Capa Sub base

CBR %	Valor “a3”
10	0.08
15	0.09
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.120
50	0.125
60	0.128
70	0.130
80	0.135
90	0.138
100	0.140

Fuente: “Guía para el diseño de la estructura del pavimento flexible”, AASHTO 93

De esta forma determinamos los valores reales para $a_3 = 0.108$ y el módulo de elasticidad de $14,9 \cdot 10^3$ Psi.

3.1.11.10 Espesores de la carpeta y base granular.

Para la determinación de estos parámetros revisamos la **Tabla 34:** Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular. De la Página 70. En la cual nos dice que:

El concreto asfáltico (D1) = 6.5 cm

La base granular (D2) = 10 cm.

3.1.11.11 Coeficiente de drenaje para base y subbase (m2, m3).

Para la determinación de estos coeficientes se ve la necesidad de realizar un estudio hidrográfico de la zona, pero para efectos de diseño del presente proyecto se usó la **Tabla 35:** Tiempo de Drenaje. de la Página 70, en donde tomamos como **Calidad de Drenaje Regular** y con un tiempo de eliminación de agua de **1 semana**.

Con estos parámetros encontramos los factores de corrección de drenaje (m2, m3), para lo cual nos dirigimos a la **Tabla 36:** Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles de la Página 71, en donde tomamos los valores de entre **5% al 25%** de tiempo

exposición con una calidad de **drenaje regular**, lo cual nos dice que los valores de **m2** y **m3** están comprendidos dentro de **1.00-0.80** y asumimos este parámetro como **0,90**.

3.1.11.12 Número Estructural (SN).

Una vez obtenidos todos los parámetros de los literales anteriores procedemos a encontrar el numero estructural (SN) que soporte nuestro número de ejes equivalentes (W18) de diseño, para esto nos ayudaremos del Software Libre “Ecuación AASHTO 93”.

Tabla 58: Tabla resumen de Datos

Tabla de Resumen de Datos		
Descripción	Símbolo	Valor
W18 Diseño	W18	475913
CBR Diseño	CBR	21%
Confiabilidad	R	85%
Desviación Estándar Normal	Zr	-1,037
Desviación Estándar Global	So	0,45
Índice de Serviciabilidad	ΔPSI	2,20
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	Mr	12,604 Ksi
Módulo de Resiliencia de la Carpeta Asfáltica	Mr ca	390 Ksi
Módulo de Resiliencia de la Base	Mr b	28 Ksi
Módulo de Resiliencia de la subbase	Mr sb	14,9 Ksi
Coefficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica	a1	0,414
Coefficiente Estructural de la Base	a2	0,133
Coefficiente Estructural de la Subbase	a3	0,11
Espesor de la Carpeta Asfáltica	D1	6,5 cm
Espesor de la Base	D2	10 cm
Coefficientes de drenaje	m2	0,90
	m3	0,90

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 44: Cálculo del Número Estructural (SN)

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It contains several input fields and a calculation button. The "Tipo de Pavimento" section has "Pavimento flexible" selected. "Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)" shows "85 % Zr=-1.037" and "So = 0.45". "Serviciabilidad inicial y final" shows "PSI inicial = 4.2" and "PSI final = 2". "Módulo resiliente de la subrasante" shows "Mr = 12603.70 psi". The "Tipo de Análisis" section has "Calcular SN" selected, resulting in "W18 = 475913" and "Número Estructural SN = 2.37". A "Calcular" button is visible at the bottom.

Fuente: “Cálculo del número estructural AASHTO 1993” – Luis Ricardo Vásquez Varela

El resultado obtenido es **SN=2,37**.

3.1.11.13 Espesor de la Estructura del Pavimento

Para determinar este parámetro se hace uso de una hoja de Excel creada por el autor, donde nos pide todos los datos de la **Tabla 58** y nos entrega los valores de espesor de cada uno de los elementos de la estructura del pavimento.

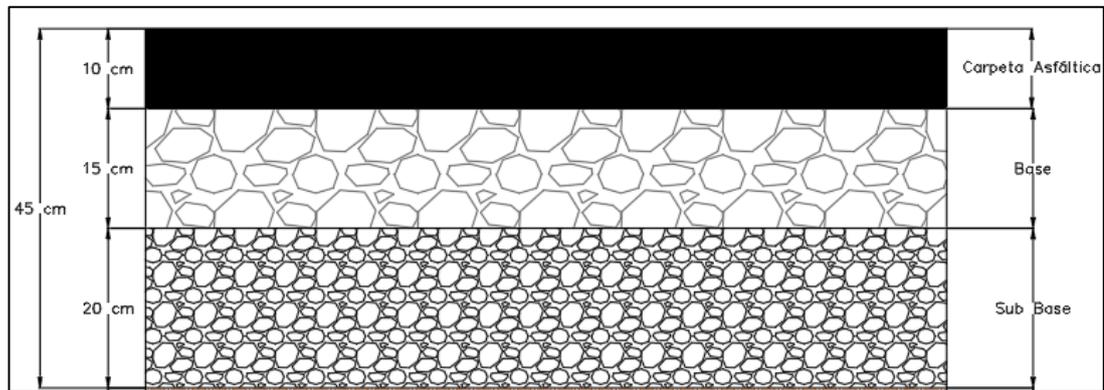
Tabla 59: Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible Método AASHTO 93

Proyecto:		Vía Pinllopata - El Corazón		Responsable:		Ing. Max Bryan Martínez Carabajo		
Tramo:		km 7+900 - km 11+800		Fecha:		30/9/2020		
Datos de Entrada								
1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES							DATOS	
A.-MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFÁLTICA (Ksi)							390	
B.-MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (Ksi)							28	
C.- MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBBASE (Ksi)							14,9	
2. DATOS DEL TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE								
A.-NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)							4,76E+05	
B.-FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)							85%	
C.-FACTOR DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)							-1,037	
D.-FACTOR DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL (So)							0,45	
E.-MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (MR= Ksi)							12,604	
F.-SERVICIABILIDAD INICIAL							4,2	
G.-SERVICIABILIDAD FINAL							2	
H.-PERIODO DE DISEÑO (Años)							20	
3.DATOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO								
A.-COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA								
AA.- CARPETA ASFÁLTICA (a1)							0,414	
AB.-BASE GRANULAR (a2)							0,133	
AC.-SUBBASE (a3)							0,108	
B.-COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA								
BA.- BASE GRANULAR (m2)							0,9	
BB.-SUBBASE (m3)							0,9	
4. DATOS DE SALIDA								
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL							2,37	
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA							1,75	
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR							0,48	
NÚMERO ESTRUCTURAL SUBBASE							0,14	
5. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO								
						PROPUESTA		
						TEÓRICO	ESPEJOR	SN
ESPEJOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)						10,7 cm	10 cm	1,63
ESPEJOR BASE GRANULAR (cm)						8,3 cm	15 cm	0,71
ESPEJOR SUBBASE GRANULAR (cm)						3 cm	20 cm	0,77
ESPEJOR TOTAL (cm)							45 cm	3,10

Autor: Max Bryan Martínez Carabajo

Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

Figura 45: Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible



Fuente: Max Bryan Martínez Carabajo

3.1.11.14 Propiedades de los Materiales

Se tomarán como materiales a aquellos que cuenten con las propiedades y características óptimas para el presente proyecto, tomando en cuenta los materiales del sector.

Sub-Base

Subbase Clase 3, se empelará este tipo de subbase tomando en cuenta que los materiales de esta son extraídos de excavación.

- I. Límite Líquido ≤ 25
- II. Índice Plástico ≤ 6
- III. Valor de Soporte ≥ 30
- IV. Valor de Desgaste por Abrasión $\leq 50\%$
- V. Granulometría

Tabla 60: Límites Granulométricos para sub bases.

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	--
Nº4 (4,75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº40 (0,425 mm)	10 - 35	15 - 40	--
Nº200 (0,075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes”,
MOP

Base

Se empleará Base Clase 4 la cual está constituida por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, esta debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- I. Límite Líquido ≤ 25
- II. Índice Plástico ≤ 6
- III. Valor de Soporte ≥ 80
- IV. Valor de desgaste por abrasión $\leq 40\%$
- V. Desgaste por acción de los sulfatos $\leq 12\%$
- VI. Granulometría

Tabla 61: Límites Granulométricos para Base Clase 4

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50,8 mm)	100
1" (25,4 mm)	60 – 90
Nº4 (4,76 mm)	20 – 50
Nº200 (0,075 mm)	0 – 15

Fuente: “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes”,
MOP

Capa de Rodadura

Se encuentra constituida por asfalto diluido o emulsiones asfálticas, las cuales deben cumplir las siguientes especificaciones:

- I. Resistencia al desgaste por abrasión $\leq 40\%$
- II. Resistencia a la acción de los sulfatos $< 12\%$
- III. Índice Plástico (pasa Tamiz #40) < 4
- IV. Hinchamiento 1,50%
- V. Recubrimiento y peladura (Adherencia 95%, Peladura 5%; AASHTO T 182)
- VI. Granulometría

Tabla 62: Granulometría para los Agregados de la Mezcla Asfáltica

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25,4 mm)	100	--	--	--
3/4" (19,0 mm)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12,7 mm)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9,5 mm)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº4 (4,75 mm)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº8 (2,36 mm)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº16 (1,18 mm)	--	--	--	40 - 80
Nº30 (0,60 mm)	--	--	--	25 - 65
Nº50 (0,30 mm)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº100 (0,15 mm)	--	--	--	3 - 20
Nº200 (0,075 mm)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Fuente: "Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes",
MOP

3.1.12 Presupuesto Referencial

Para determinar este parámetro, tomando en cuenta todas las posibilidades de factibilidad del presente proyecto se tomarán como base las normas del MOP-001 F 2002; en la cual nos da las especificaciones generales para la construcción de caminos

y puentes, con lo cual podemos detallar y medir todos los rubros del presente proyecto, así como también se tomará en cuenta el periodo de diseño que es de 20 años.

3.1.12.1 Análisis de Precios Unitarios

Se define como la técnica por la cual se describe el rendimiento de una obra, es decir que mediante esta técnica se obtiene el total de obra que se puede realizar en un día, o por unidad de medida, siendo así importante ya que todos los parámetros de obra se encuentran regidos a este concepto. Esto nos permite a nosotros como ejecutores de obra plantearnos un tiempo estimado de la realización del proyecto, así como también, un costo de esta.[25] Se puede visualizar el detalle de cada uno de los rubros en el(**VER ANEXO 14: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PÁGINA 211**).

3.1.12.2 Rendimiento

Se define como la cantidad de obra que, de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, esta puede estar compuesta por uno o varios obreros de diferente especialidad, esto se mide en función de la jornada de trabajo diaria que normalmente en Ecuador es de 8 Horas al día. Es importante considerar también varios factores que afectan a esta actividad, así como: clima, habilidad, experiencia, conocimientos, tipo de actividad, supervisión.[26]

3.1.12.3 Costos Directos

Los costos directos de una obra se los conoce también como costos variables. Son también los que están directamente relacionados con la realización de la obra, como por ejemplo: la mano de obra que no solo considera la jornada de trabajo sino que también se ve influida por el desplazamiento de los obreros, su alimentación, su seguridad y cualquier otra variable relacionada con el salario; el material que se usa en el cual se considera cualquier daño o merma que se provoque en su traslado o instalación; etc.[27]

3.1.12.4 Costos Indirectos

Se define como el costo general utilizado en una obra, el cual no forma parte de los costos directos y que estos son realizados por el contratista tomando en cuenta los gastos de organización, prestaciones sociales del personal administrativo y directivo, así como también las regalías que procedan. Es de suma importancia incorporar que los costos de los imprevistos y de las utilidades.[25]

3.1.12.5 Especificaciones Técnicas

Para este parámetro se usará como base el documento: “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” que se encuentran dispuesto por el Ministerios de Transporte y Obras Públicas (MTO), en el cual nos da normas y disposiciones que nos guiaran en la ejecución y terminación de la obra; los requisitos y condiciones que deben cumplir el personal, los materiales, los equipos y el método usado para estos fines.

Tabla 63:Presupuesto Referencial

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 					
Proyecto: "DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"					
Ubicación: Cantón Pangua					
Realizado: Max Bryan Martínez Carabajo					
Tabla de Descripción de Rubros, Unidades, Cantidades y Precios					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	P.T
1	REPLANTEO Y NIVELACION DEL TERRENO	Km	3,54	\$ 664,12	\$ 2.351,64
2	DESBOSQUE, DESBROCE Y LIMPIEZA	Ha	5,36	\$ 654,86	\$ 3.507,09
3	EXCAVACION SIN CLASIFICAR, INCLUYE DESALOJO DE HASTA 5 KM	m ³	237540,91	\$ 2,11	\$ 501.743,41
4	ESCOBRERA DEL SECTOR	m ³	128105,32	\$ 1,23	\$ 157.846,25
5	RELLENO NATURAL COMPACTADO	m ³	1427,40	\$ 2,87	\$ 4.093,61
6	SUB-BASE CLASE 3 e = 20 cm	m ³	8033,28	\$ 8,83	\$ 70.936,41
7	BASE CLASE 4 e = 15 cm	m ³	10711,36	\$ 13,13	\$ 140.685,57
8	DESALOJO DEL MATERIAL FINAL	m ³	128105,32	\$ 3,86	\$ 494.630,01
9	CAPA DE RODADURA e= 10 cm	m ³	5355,52	\$ 21,13	\$ 113.152,88
10	EXCAVACION PARA CUNETAS LATERALES	m ³	2124,00	\$ 3,61	\$ 7.662,71
11	HORMIGONADO DE CUNETAS (fc=180 kg/cm ²)	m ³	2124,00	\$ 130,84	\$ 277.900,76
			TOTAL : USD		\$ 1.774.510,36
Son Un Millón Setecientos Setenta y Cuatro Mil Quinientos Diez Dolares Con Treinta y Seis Centavos Estos Precios No Incluyen IVA					

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó el levantamiento topográfico con una franja de 200 m de ancho desde el Km 7+900 hasta el Km 11+800 de la vía Pinllopata – El Corazón, donde se evidenció que no existe presencia de cunetas, alcantarillas, puentes, con un ancho de calzada que varía de entre 6 a 8 metros de ancho, taludes de relleno inestables y que el estado de la vía deplorable.
- Se determinó que el Tráfico Promedio Anual (TPDA actual) es de 227 vehículos/día y el Tráfico Promedio Anual (TPDA futuro) será de 707 vehículos/día, según el TPDA futuro se clasifica a la vía como Clase III para un periodo de diseño de 20 Años, del análisis se determinó que el día domingo era el día con mayor demanda, y con una hora pico que está comprendida entre las 10 am a 11 am.
- Se realizó el diseño geométrico de la vía se determinó las siguientes características geométricas, una velocidad de diseño de 60 km/h, un ancho de calzada por carril de 3.35 metros, el sobreancho de la vía en curvas es de 40 cm, la gradiente longitudinal máxima es de 7% y su mínimo es de 0.5%, un espaldón de 1 metro de ancho, con una cuneta típica de 1 metro de ancho, radio de curvatura mínimo de 107 m, con una distancia de visibilidad de parada de 91.56 m y una distancia de rebasamiento de 411.64 m.
- Se realizó los estudios de suelo obteniendo como resultado un valor de C.B.R de 9.2%, lo que se interpreta como una subrasante mala calidad, no se considerará un mejoramiento de suelo ya que se mejore o no este los espesores del pavimento no varían.
- Se diseñó la estructura del pavimento obteniendo unos espesores de capa para el pavimento flexible de: 10 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base clase IV y 20 cm de subbase clase 3, obteniendo así un espesor total de 45 cm.

- Se determino un presupuesto referencial para el tramo Km 7+900 hasta Km 11+800 por un valor de 1.774.510,36 dólares americanos.

4.2 Recomendaciones

- Se ve necesario tomar en cuenta todas las excepciones propuestas por las normas vigentes para las velocidades presentes en la vía, ya que la topografía del mismo complica en gran medida, por lo que se sugiere realizar un estudio de estabilidad de taludes y obras de arte mayor y menor, considerando el gran volumen de corte existente.
- Deberá existir una dirección técnica constante en la ejecución de la obra, para evitar que no se cumpla con lo estipulado en la normativa y diseño del presente proyecto.
- Se recomienda realizar un estudio hidrológico - hidráulico, ya que el sector se ve afectado por precipitaciones frecuentes, preservando así la serviciabilidad de la obra.
- Se recomienda realizar un estudio de expropiaciones del proyecto ya que se verán afectadas ciertas viviendas que están dentro del proyecto.
- Es necesario realizar un estudio de impacto ambiental ex antes de la ejecución de la obra y post de la ejecución de la misma, para evitar daños considerables a la flora y fauna de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. G. S. Flores, ““DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VIA NUEVO PORVENIR – EL GUABO – LA LORENITA EN EL TRAMO Km 0+000 – 4+000 PERTENECIENTE A LA PARROQUIA MORASPUNGO DEL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI,”” Universidad Técnica de Ambato, 2020.
- [2] J. Agudelo, “Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano,” *Textos Univ.*, pp. 459–451, 2002, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>.
- [3] A. P. Á. Quispe, “Las condiciones de la vía Milinpungo – Miraflores, perteneciente al Cantón Saquisilí, Provincia de Cotopaxi y su incidencia en el desarrollo socio económico de los habitantes.,” Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [4] D. A. Alcántara García, *Topografía y sus aplicaciones*, Primera. México, 2014.
- [5] M. Z. Medina, *APUNTES DE TOPOGRAFÍA*, vol. 1. México: Repositorio UNAM-Facultad de Estudios Superiores Acatlán, 2010.
- [6] C. A. P. Colorado, “Tecnología Drone en Levantamientos Topográficos,” Escuela de Ingenieros Militares, 2015.
- [7] J. M. Soler, N. A. Cobos, L. C. Pomar, P. M. Rodríguez, and F. L. Vitaller, *Manual de técnicas de montaña e interpretación de la naturaleza*, Primera., no. 9. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2002.
- [8] I. A. Fernández-Coppel, “Las Coordenadas Geográficas y la Proyeccion UTM,” Universidad de Valladolid, 2001.
- [9] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, *Normas de diseño geometrico de carreteras - 2003*, Primera. Quito, 2003.
- [10] J. G. T. ARANDIA and R. D. V. BALTA, *Apoyo Didáctico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Ingeniería De Tráfico*,

- Primera. Cochabamba-Bolivia, 2006.
- [11] J. C. Grisales, *Diseño Geométrico de Carreteras*, Segunda ed. Bogotá: Ecoe, 2013.
- [12] C. y A. S.A, *Manual para la revisión de Diseños Geométricos*. Nicaragua, 2008.
- [13] E. J. Bandillo and A. R. Rodríguez, *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, Segunda. Mexico: Editorial Limusa, 1973.
- [14] Carlos Crespo Villalaz, *Mecanica de sesuelos y cimentaciones*, Quinta. México: Limusa Noriega Editores, 2004.
- [15] G. Duque and C. Escobar, *Mecanica de los Suelos*, Primera. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [16] *ASTM D-422-63*, vol. 63. .
- [17] C. Kramemer, J. Pardillo, S. Rocci, M. Romana, V. Sánchez, and M. Á. del Val, *Ingeniería De Carreteras*, Primera., vol. 2. Madrid: McGraw-Hill, 2004.
- [18] J. Coronado, “Manual Centroamericano para diseño de pavimentos,” 2008, p. 3, 2002, [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>.
- [19] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos*, Segunda. Bogotá: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, 2002.
- [20] AASHTO, “Diseño de Pavimentos(AASHTO 93),” *AASHTO Des. Proced. New Pavements*, p. 246, 2006.
- [21] G. Corredor, “Maestría en Vías Terrestres ó Módulo III Diseño de Pavimentos I,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2010.
- [22] Trimble, “Sistema Trimble GNSS R10,” *Continex*. <https://www.continexpanama.com/es/P2266/trimble-r10/> (accessed Dec. 01, 2020).
- [23] DJI, “Drone Phantom 4 Pro,” *DJI*, 2018. <https://www.dji.com/mx/phantom-4-pro-v2> (accessed Dec. 01, 2020).
- [24] D. F. ALLAUCA SANI, ““DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA

ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 – 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI,” Universidad Técnica de Ambato, 2020.

- [25] R. Calero, ““COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS A.P.U. Y COSTEO ABC PARA EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN,”” Póntifica Universidad Católica Del Ecuador, 2015.
- [26] L. F. Botero Botero, “Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción,” *Rev. Univ. EAFIT*, vol. 38, no. 128, pp. 9–21, 2002.
- [27] TELEMATEL, “Costes directos, indirectos y gastos generales de una obra,” [Online]. Available: <https://www.telematel.com/blog/costes-directos-indirectos-generales-obra/>.

ANEXOS

ANEXO 1: MATERIALES



Pintura en Aerosol



Estacas de Madera

A field notebook with a grid and handwritten notes. The notes include a table with columns for 'E', 'S', 'T', 'A', 'C', 'A' and rows for 'P. de la zona', 'P. de la zona', 'P. de la zona', 'P. de la zona', 'P. de la zona'. There are also some calculations and a signature at the bottom.

Libreta de campo



Clavos



Muestra de Suelo

ANEXO 2: EQUIPOS DE TOPOGRAFÍA



Combo



Pala



Pico



Bandera



Flexómetro



Saco



Computadora



Cinta



Drone



Receptor GPS



R.T.K Trimble 10



Trípode

ANEXO 3: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



Juego de Tamices



Tamizadora



Brocha



Bandeja



Balanza Electrónica

ANEXO 4: EQUIPOS PARA EL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (D)



Probeta



Martillo de 10 Lb



Enrasador



Molde



Palustre



Envases para Muestra



Horno

ANEXO 5: EQUIPOS PARA ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG



Espátula



Acanalador



Placa de Vidrio



Mortero



Cuchara de Casa Grande

ANEXO 6: EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE C.B.R



Trípode y Dial



Disco Espaciador



Tanque de Agua



Papel Filtro



Máquina de C.B.R

ANEXO 7: ESTUDIO TOPOGRÁFICO



RTK Trimble 10 Fijo



Colocación del punto de referencia



Geolocalización del punto de referencia
con el RTK móvil



Colocación de la Bandera de referencia



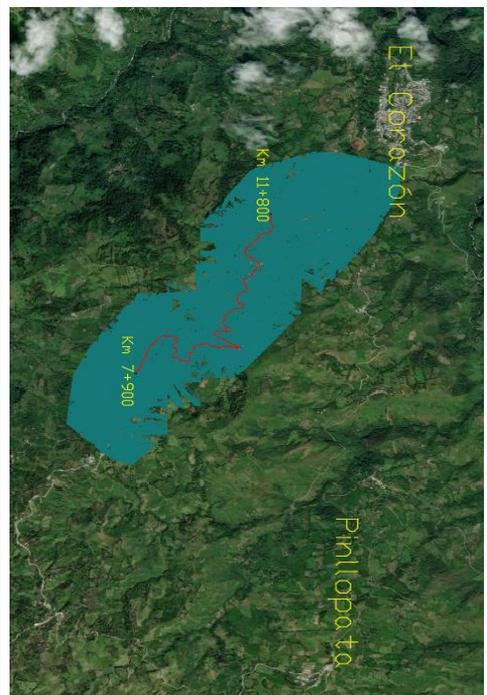
Elevación del DRONE



Control del DRONE



Orto foto Obtenida del DRONE



Curvas de Nivel

Puntos de referencia y volúmenes totales de corte y relleno

Station	A. Relleno	A. Corte.	V. Relleno.	V. Corte	V. Relleno Acumulado.	V. Corte Acumulado.
7+800.00	3.35	6.84	0.00	0.00	0.00	0.00
7+820.00	5.37	6.23	87.72	130.16	87.72	130.16
7+830.00	9.21	3.25	74.92	46.03	162.65	176.19
7+840.00	15.15	1.99	124.74	25.31	287.38	201.50
7+850.00	15.07	3.27	154.64	25.37	442.02	226.88
7+860.00	9.93	7.36	128.20	51.51	570.22	278.39
7+870.00	3.16	15.10	67.39	109.57	637.61	387.96
7+880.00	0.00	27.24	16.36	208.24	653.97	596.19
7+890.00	0.00	37.87	0.02	322.20	653.99	918.39
7+900.00	0.00	48.07	0.00	426.41	653.99	1344.80
7+910.00	0.00	56.54	0.00	519.54	653.99	1864.33
7+920.00	0.00	66.23	0.00	610.44	653.99	2474.77
7+930.00	0.00	73.07	0.00	693.14	653.99	3167.92
7+940.00	0.00	74.76	0.00	735.58	653.99	3903.50
7+950.00	0.00	71.80	0.00	729.05	653.99	4632.55
7+960.00	0.00	65.17	0.00	681.03	653.99	5313.59
7+980.00	0.00	39.91	0.00	1048.26	653.99	6361.85
8+000.00	0.13	14.29	1.35	542.01	655.33	6903.86
8+020.00	5.47	3.10	56.00	173.87	711.33	7077.73
8+040.00	5.93	3.46	113.95	65.61	825.28	7143.34
8+050.00	4.02	5.66	48.43	46.78	873.71	7190.12
8+060.00	2.37	7.58	30.99	67.72	904.69	7257.85
8+070.00	0.44	14.50	13.57	112.27	918.27	7370.11
8+080.00	0.00	25.99	2.11	204.41	920.37	7574.53
8+100.00	0.00	46.80	0.00	727.88	920.37	8302.40
8+120.00	0.00	51.04	0.00	978.34	920.37	9280.75
8+140.00	0.00	31.42	0.00	824.57	920.37	10105.31
8+160.00	1.46	9.81	14.58	412.29	934.95	10517.60
8+180.00	0.52	9.00	19.77	188.12	954.72	10705.72
8+200.00	0.00	19.13	5.19	281.38	959.91	10987.10
8+210.00	0.00	30.50	0.00	246.22	959.91	11233.31
8+220.00	0.00	32.70	0.00	314.39	959.91	11547.70
8+240.00	0.00	26.36	0.00	589.21	959.91	12136.91
8+260.00	0.00	25.86	0.00	522.18	959.91	12659.10
8+280.00	0.00	44.22	0.00	700.85	959.91	13359.94
8+300.00	0.00	74.15	0.00	1183.74	959.91	14543.69
8+320.00	0.00	74.52	0.00	1486.74	959.91	16030.43
8+340.00	0.00	66.20	0.00	1404.40	959.91	17434.83

8+350.00	0.00	58.45	0.00	620.34	959.91	18055.17
8+360.00	0.00	53.13	0.00	557.05	959.91	18612.21
8+380.00	0.00	53.36	0.00	1064.98	959.91	19677.19
8+400.00	0.00	71.85	0.00	1252.15	959.91	20929.34
8+420.00	0.00	97.04	0.00	1688.90	959.91	22618.24
8+440.00	0.00	106.26	0.00	2029.93	959.91	24648.17
8+450.00	0.00	103.92	0.00	1047.27	959.91	25695.44
8+460.00	0.00	96.79	0.00	999.63	959.91	26695.07
8+470.00	0.00	86.72	0.00	914.27	959.91	27609.34
8+480.00	0.00	81.55	0.00	839.05	959.91	28448.39
8+490.00	0.00	78.74	0.00	799.23	959.91	29247.62
8+500.00	0.00	77.41	0.00	778.54	959.91	30026.16
8+510.00	0.00	81.75	0.00	793.97	959.91	30820.13
8+520.00	0.00	81.62	0.00	816.86	959.91	31636.99
8+540.00	0.00	77.56	0.00	1591.76	959.91	33228.75
8+560.00	0.00	73.15	0.00	1505.58	959.91	34734.33
8+570.00	0.00	75.67	0.00	740.22	959.91	35474.55
8+580.00	0.00	84.75	0.00	797.09	959.91	36271.64
8+590.00	0.00	101.79	0.00	925.98	959.91	37197.62
8+600.00	0.00	117.01	0.00	1087.22	959.91	38284.83
8+610.00	0.00	120.00	0.00	1178.69	959.91	39463.52
8+620.00	0.00	116.29	0.00	1173.85	959.91	40637.37
8+630.00	0.00	104.84	0.00	1096.92	959.91	41734.29
8+640.00	0.00	100.58	0.00	1027.73	959.91	42762.02
8+650.00	0.00	82.99	0.00	923.98	959.91	43686.00
8+660.00	0.00	72.21	0.00	778.89	959.91	44464.89
8+670.00	0.00	64.51	0.00	687.87	959.91	45152.76
8+680.00	0.00	65.67	0.00	657.05	959.91	45809.81
8+690.00	0.00	75.04	0.00	709.07	959.91	46518.88
8+700.00	0.00	79.61	0.00	774.93	959.91	47293.80
8+710.00	0.00	85.08	0.00	819.63	959.91	48113.44
8+720.00	0.00	89.06	0.00	867.44	959.91	48980.87
8+730.00	0.00	95.90	0.00	921.60	959.91	49902.48
8+740.00	0.00	99.61	0.00	974.96	959.91	50877.44
8+750.00	0.00	102.41	0.00	1007.78	959.91	51885.21
8+760.00	0.00	103.71	0.00	1029.07	959.91	52914.28
8+780.00	0.00	108.77	0.00	2124.73	959.91	55039.01
8+790.00	0.00	111.85	0.00	1104.91	959.91	56143.92
8+800.00	0.00	109.35	0.00	1110.78	959.91	57254.70
8+810.00	0.00	104.61	0.00	1074.55	959.91	58329.26
8+820.00	0.00	103.43	0.00	1045.17	959.91	59374.43
8+840.00	0.00	106.84	0.00	2107.41	959.91	61481.84
8+860.00	0.00	118.46	0.00	2252.99	959.91	63734.83
8+880.00	0.00	107.31	0.00	2257.62	959.91	65992.45

8+900.00	0.00	82.93	0.00	1902.38	959.91	67894.83
8+920.00	0.00	107.44	0.00	1903.72	959.91	69798.55
8+930.00	0.00	119.28	0.00	1136.19	959.91	70934.74
8+940.00	0.00	122.58	0.00	1210.95	959.91	72145.69
8+950.00	0.00	110.57	0.00	1166.24	959.91	73311.93
8+960.00	0.00	102.84	0.00	1067.20	959.91	74379.13
8+970.00	0.00	106.68	0.00	1049.63	959.91	75428.76
8+980.00	0.00	112.75	0.00	1100.98	959.91	76529.74
9+000.00	0.00	117.63	0.00	2306.74	959.91	78836.48
9+020.00	0.00	125.62	0.00	2432.48	959.91	81268.96
9+040.00	0.00	0.00	0.00	1255.52	959.91	82524.47
9+050.00	0.00	126.82	0.00	633.90	959.91	83158.38
9+060.00	0.00	110.90	0.00	1187.53	959.91	84345.91
9+070.00	0.00	83.36	0.00	969.03	959.91	85314.94
9+080.00	0.00	67.71	0.00	752.42	959.91	86067.36
9+100.00	0.00	81.50	0.00	1492.16	959.91	87559.51
9+120.00	0.00	107.68	0.00	1891.81	959.91	89451.33
9+130.00	0.00	108.38	0.00	1080.28	959.91	90531.61
9+140.00	0.00	111.25	0.00	1095.07	959.91	91626.68
9+150.00	0.00	112.15	0.00	1114.41	959.91	92741.09
9+160.00	0.00	97.97	0.00	1046.91	959.91	93787.99
9+170.00	0.00	60.78	0.00	787.31	959.91	94575.30
9+180.00	0.82	31.54	4.32	452.81	964.23	95028.11
9+190.00	0.92	34.49	9.19	320.56	973.42	95348.67
9+200.00	0.00	55.89	4.87	442.08	978.29	95790.76
9+210.00	0.00	96.01	0.00	750.34	978.29	96541.09
9+220.00	0.00	129.21	0.00	1120.63	978.29	97661.72
9+240.00	0.00	0.00	0.00	1291.86	978.29	98953.57
9+260.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	98953.57
9+280.00	0.00	188.60	0.00	1885.98	978.29	100839.55
9+300.00	0.00	0.00	0.00	1885.98	978.29	102725.53
9+320.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	102725.53
9+340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	102725.53
9+360.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	102725.53
9+370.00	0.00	236.77	0.00	1186.92	978.29	103912.45
9+380.00	0.00	256.28	0.00	2471.64	978.29	106384.09
9+390.00	0.00	265.52	0.00	2615.89	978.29	108999.99
9+400.00	0.00	262.08	0.00	2644.61	978.29	111644.59
9+410.00	0.00	244.95	0.00	2539.71	978.29	114184.31
9+420.00	0.00	0.00	0.00	1226.28	978.29	115410.59
9+440.00	0.00	241.64	0.00	2416.23	978.29	117826.82
9+460.00	0.00	0.00	0.00	2416.40	978.29	120243.22
9+470.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	120243.22
9+480.00	0.00	147.32	0.00	733.53	978.29	120976.76

9+490.00	0.00	115.51	0.00	1307.63	978.29	122284.38
9+500.00	0.00	106.38	0.00	1104.01	978.29	123388.39
9+510.00	0.00	105.37	0.00	1054.28	978.29	124442.67
9+520.00	0.00	110.40	0.00	1076.45	978.29	125519.12
9+540.00	0.00	93.05	0.00	2034.46	978.29	127553.58
9+560.00	0.00	99.11	0.00	1921.58	978.29	129475.16
9+580.00	0.00	119.51	0.00	2188.14	978.29	131663.31
9+590.00	0.00	121.71	0.00	1211.86	978.29	132875.16
9+600.00	0.00	111.86	0.00	1169.77	978.29	134044.93
9+610.00	0.00	124.90	0.00	1183.79	978.29	135228.72
9+620.00	0.00	137.34	0.00	1312.14	978.29	136540.86
9+630.00	0.00	146.56	0.00	1420.71	978.29	137961.57
9+640.00	0.00	159.90	0.00	1534.95	978.29	139496.51
9+660.00	0.00	0.00	0.00	1599.84	978.29	141096.35
9+680.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	141096.35
9+690.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	141096.35
9+700.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	141096.35
9+710.00	0.00	0.00	0.00	0.00	978.29	141096.35
9+720.00	0.00	146.71	0.00	732.84	978.29	141829.19
9+740.00	0.00	0.00	0.00	1467.12	978.29	143296.31
9+760.00	0.00	54.09	0.00	540.93	978.29	143837.24
9+780.00	0.00	84.10	0.00	1381.97	978.29	145219.22
9+800.00	0.00	116.69	0.00	2007.95	978.29	147227.16
9+820.00	0.00	109.67	0.00	2263.63	978.29	149490.79
9+830.00	0.00	95.85	0.00	1028.86	978.29	150519.65
9+840.00	0.00	80.63	0.00	884.62	978.29	151404.27
9+850.00	0.00	79.09	0.00	801.48	978.29	152205.75
9+860.00	0.00	86.00	0.00	827.82	978.29	153033.57
9+870.00	0.00	103.01	0.00	946.42	978.29	153979.99
9+880.00	0.00	109.92	0.00	1065.72	978.29	155045.71
9+900.00	0.00	101.09	0.00	2110.59	978.29	157156.30
9+920.00	0.00	79.36	0.00	1804.43	978.29	158960.73
9+940.00	0.00	65.68	0.00	1450.38	978.29	160411.11
9+960.00	0.00	85.02	0.00	1507.05	978.29	161918.16
9+970.00	0.00	92.75	0.00	887.05	978.29	162805.22
9+980.00	0.00	101.39	0.00	968.59	978.29	163773.81
9+990.00	0.00	110.70	0.00	1058.43	978.29	164832.24
10+000.00	0.00	115.48	0.00	1128.83	978.29	165961.07
10+010.00	0.00	106.93	0.00	1109.99	978.29	167071.07
10+020.00	0.00	91.73	0.00	991.72	978.29	168062.79
10+030.00	0.00	60.45	0.00	759.05	978.29	168821.84
10+040.00	0.00	31.93	0.00	460.08	978.29	169281.92
10+060.00	0.00	31.43	0.00	633.37	978.29	169915.28
10+080.00	0.00	34.58	0.00	660.06	978.29	170575.34

10+090.00	0.00	37.43	0.00	360.79	978.29	170936.13
10+100.00	0.00	39.51	0.00	385.71	978.29	171321.85
10+110.00	0.00	37.51	0.00	385.70	978.29	171707.55
10+120.00	0.00	35.00	0.00	362.47	978.29	172070.02
10+130.00	0.00	33.02	0.00	339.88	978.29	172409.90
10+140.00	0.00	28.12	0.00	305.70	978.29	172715.60
10+160.00	0.00	15.06	0.00	432.37	978.29	173147.96
10+180.00	1.08	7.24	10.80	222.98	989.09	173370.95
10+200.00	0.00	16.19	10.94	232.83	1000.03	173603.78
10+210.00	0.00	32.00	0.00	236.63	1000.03	173840.41
10+220.00	0.00	37.01	0.00	342.47	1000.03	174182.88
10+230.00	0.00	38.38	0.00	373.76	1000.03	174556.65
10+240.00	0.00	39.04	0.00	382.42	1000.03	174939.07
10+250.00	0.00	34.96	0.00	364.40	1000.03	175303.46
10+260.00	0.00	32.07	0.00	328.87	1000.03	175632.33
10+280.00	0.00	26.68	0.00	586.28	1000.03	176218.62
10+300.00	0.00	31.92	0.00	586.96	1000.03	176805.57
10+310.00	0.00	32.88	0.00	328.95	1000.03	177134.52
10+320.00	0.00	25.96	0.00	297.96	1000.03	177432.48
10+330.00	0.00	17.37	0.00	217.75	1000.03	177650.24
10+340.00	0.00	15.66	0.00	164.59	1000.03	177814.83
10+350.00	0.00	17.54	0.00	165.23	1000.03	177980.06
10+360.00	0.00	22.33	0.00	199.27	1000.03	178179.34
10+370.00	0.00	37.69	0.00	302.26	1000.03	178481.59
10+380.00	0.00	52.08	0.00	449.63	1000.03	178931.22
10+400.00	0.00	65.38	0.00	1174.67	1000.03	180105.89
10+420.00	0.00	58.11	0.00	1234.93	1000.03	181340.82
10+440.00	0.00	56.72	0.00	1148.32	1000.03	182489.14
10+460.00	0.00	57.21	0.00	1139.28	1000.03	183628.42
10+480.00	0.00	55.68	0.00	1128.91	1000.03	184757.32
10+500.00	0.00	43.47	0.00	991.55	1000.03	185748.87
10+510.00	0.00	41.20	0.00	422.27	1000.03	186171.14
10+520.00	0.00	44.27	0.00	424.99	1000.03	186596.13
10+530.00	0.00	50.97	0.00	473.63	1000.03	187069.76
10+540.00	0.00	63.54	0.00	569.82	1000.03	187639.57
10+550.00	0.00	68.33	0.00	656.95	1000.03	188296.52
10+560.00	0.00	69.39	0.00	686.83	1000.03	188983.35
10+570.00	0.00	69.56	0.00	693.13	1000.03	189676.48
10+580.00	0.00	70.17	0.00	696.94	1000.03	190373.42
10+590.00	0.00	66.78	0.00	682.78	1000.03	191056.20
10+600.00	0.00	62.90	0.00	646.73	1000.03	191702.94
10+610.00	0.00	61.74	0.00	622.16	1000.03	192325.09
10+620.00	0.00	64.89	0.00	632.27	1000.03	192957.36
10+640.00	0.00	76.50	0.00	1413.51	1000.03	194370.87

10+660.00	0.00	87.69	0.00	1643.06	1000.03	196013.93
10+670.00	0.00	89.92	0.00	889.27	1000.03	196903.20
10+680.00	0.00	89.60	0.00	897.61	1000.03	197800.81
10+690.00	0.00	91.29	0.00	903.75	1000.03	198704.56
10+700.00	0.00	85.68	0.00	884.74	1000.03	199589.30
10+710.00	0.00	80.34	0.00	830.38	1000.03	200419.69
10+720.00	0.00	69.71	0.00	750.16	1000.03	201169.84
10+730.00	0.00	45.94	0.00	578.25	1000.03	201748.09
10+740.00	0.00	31.37	0.00	386.90	1000.03	202135.00
10+750.00	0.00	26.71	0.00	290.56	1000.03	202425.56
10+760.00	0.00	29.70	0.00	281.83	1000.03	202707.39
10+770.00	0.00	33.09	0.00	313.76	1000.03	203021.15
10+780.00	0.00	33.58	0.00	333.28	1000.03	203354.43
10+800.00	0.00	30.44	0.00	640.26	1000.03	203994.69
10+820.00	0.00	28.03	0.00	584.74	1000.03	204579.42
10+840.00	0.00	20.62	0.00	486.53	1000.03	205065.96
10+860.00	0.00	23.27	0.00	438.91	1000.03	205504.87
10+880.00	0.00	48.59	0.00	718.61	1000.03	206223.48
10+900.00	0.00	64.60	0.00	1131.90	1000.03	207355.38
10+920.00	0.00	67.21	0.00	1318.11	1000.03	208673.48
10+940.00	0.00	48.26	0.00	1154.77	1000.03	209828.26
10+960.00	0.60	10.14	5.99	584.06	1006.01	210412.32
10+980.00	0.00	28.80	5.99	389.46	1012.00	210801.78
11+000.00	0.00	76.59	0.00	1053.92	1012.00	211855.69
11+020.00	0.00	114.63	0.00	1912.20	1012.00	213767.89
11+030.00	0.00	118.39	0.00	1164.14	1012.00	214932.03
11+040.00	0.00	118.59	0.00	1183.45	1012.00	216115.49
11+050.00	0.00	114.95	0.00	1165.86	1012.00	217281.35
11+060.00	0.00	110.73	0.00	1126.28	1012.00	218407.63
11+070.00	0.00	108.90	0.00	1095.92	1012.00	219503.54
11+080.00	0.00	110.08	0.00	1092.97	1012.00	220596.52
11+090.00	0.00	113.46	0.00	1116.30	1012.00	221712.82
11+100.00	0.00	113.92	0.00	1135.76	1012.00	222848.58
11+110.00	0.00	113.10	0.00	1133.81	1012.00	223982.40
11+120.00	0.00	102.55	0.00	1076.95	1012.00	225059.34
11+130.00	0.00	85.28	0.00	937.80	1012.00	225997.14
11+140.00	0.00	69.64	0.00	773.07	1012.00	226770.20
11+150.00	0.00	56.14	0.00	627.29	1012.00	227397.49
11+160.00	0.00	47.01	0.00	515.10	1012.00	227912.59
11+180.00	0.00	61.59	0.00	1086.02	1012.00	228998.61
11+200.00	0.00	124.52	0.00	1861.15	1012.00	230859.76
11+220.00	0.00	127.06	0.00	2514.29	1012.00	233374.05
11+230.00	0.00	102.39	0.00	1143.42	1012.00	234517.47
11+240.00	0.00	83.24	0.00	923.40	1012.00	235440.87

11+250.00	0.00	65.99	0.00	739.43	1012.00	236180.30
11+260.00	0.00	47.57	0.00	558.64	1012.00	236738.94
11+270.00	0.00	26.68	0.00	361.82	1012.00	237100.76
11+280.00	1.11	10.02	5.98	176.15	1017.98	237276.91
11+300.00	9.67	1.38	109.99	111.15	1127.97	237388.05
11+320.00	9.10	2.80	187.72	41.81	1315.69	237429.87
11+340.00	1.94	7.77	110.46	105.77	1426.14	237535.64
11+340.67	1.82	8.01	1.26	5.27	1427.40	237540.91

ANEXO 8: CONTEO VEHICULAR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO MANUAL POR DÍA 											
Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Domingo 10 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	1					
Clima	Soleado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	4		1	5		12:00 - 12:15	7			7	24
06:15 - 06:30	2			2		12:15 - 12:30	5	6	3	14	7
06:30 - 06:45		1		1		12:30 - 12:45	3			3	21
06:45 - 07:00	2			2	10	12:45 - 13:00	1	1		2	26
07:00 - 07:15				0	5	13:00 - 13:15	3			3	22
07:15 - 07:30	2			2	5	13:15 - 13:30	5	1		6	14
07:30 - 07:45		1		1	5	13:30 - 13:45	1			1	12
07:45 - 08:00	1			1	4	13:45 - 14:00	6	2	1	9	19
08:00 - 08:15	2	1		3	7	14:00 - 14:15	6	1	2	9	25
08:15 - 08:30				0	5	14:15 - 14:30		1	1	2	21
08:30 - 08:45	2			2	6	14:30 - 14:45			1	1	21
08:45 - 09:00		1		1	6	14:45 - 15:00	1		1	2	14
09:00 - 09:15	2		1	3	6	15:00 - 15:15	2		1	3	8
09:15 - 09:30		1		1	7	15:15 - 15:30		1		1	7
09:30 - 09:45		1		1	6	15:30 - 15:45		1		1	7
09:45 - 10:00	5			5	10	15:45 - 16:00	1		1	2	7
10:00 - 10:15	3	1	2	6	13	16:00 - 16:15		1		1	5
10:15 - 10:30	3			3	15	16:15 - 16:30	2	1		3	7
10:30 - 10:45	6	3	1	10	24	16:30 - 16:45	1		1	2	8
10:45 - 11:00	6		2	8	27	16:45 - 17:00	2			2	8
11:00 - 11:15	4		2	6	27	17:00 - 17:15	1		1	2	9
11:15 - 11:30	6	1	3	10	34	17:15 - 17:30	1			1	7
11:30 - 11:45		1		1	25	17:30 - 17:45			1	1	6
11:45 - 12:00	6		1	7	24	17:45 - 18:00	3	2		5	9
Sumatoria Total										164	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO MANUAL POR DÍA 											
Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Lunes 11 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	2					
Clima	Nublado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	5	1	1	7		12:00 - 12:15	4	2	2	8	14
06:15 - 06:30	3	2		5		12:15 - 12:30	1	1		2	8
06:30 - 06:45	1	1		2		12:30 - 12:45	2	1	1	4	10
06:45 - 07:00	2	2		4	18	12:45 - 13:00	3	1	1	5	19
07:00 - 07:15	1			1	12	13:00 - 13:15	4	2		6	17
07:15 - 07:30	1			1	8	13:15 - 13:30	2	1	1	4	19
07:30 - 07:45				0	6	13:30 - 13:45	3	1		4	19
07:45 - 08:00	2		1	3	5	13:45 - 14:00	6	1	1	8	22
08:00 - 08:15	1			1	5	14:00 - 14:15	4	1	2	7	23
08:15 - 08:30				0	4	14:15 - 14:30	2			2	21
08:30 - 08:45	2	1		3	7	14:30 - 14:45	1			1	18
08:45 - 09:00		1	1	2	6	14:45 - 15:00			1	1	11
09:00 - 09:15	2	1		3	8	15:00 - 15:15	1	1	1	3	7
09:15 - 09:30		1		1	9	15:15 - 15:30				0	5
09:30 - 09:45	1		1	2	8	15:30 - 15:45	2			2	6
09:45 - 10:00	3	1		4	10	15:45 - 16:00	1		1	2	7
10:00 - 10:15	2	1		3	10	16:00 - 16:15	1		1	2	6
10:15 - 10:30	1		1	2	11	16:15 - 16:30				0	6
10:30 - 10:45	4		1	5	14	16:30 - 16:45	2	1	1	4	8
10:45 - 11:00	1			1	11	16:45 - 17:00				0	6
11:00 - 11:15	2		1	3	11	17:00 - 17:15	1		1	2	6
11:15 - 11:30	1		1	2	11	17:15 - 17:30	4	1		5	11
11:30 - 11:45	5			5	11	17:30 - 17:45	3		1	4	11
11:45 - 12:00	3		1	4	14	17:45 - 18:00		1		1	12
Sumatoria Total											141

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO MANUAL POR DÍA 											
Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Martes 12 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	3					
Clima	Nublado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	4	1		5		12:00 - 12:15	4	2	1	7	11
06:15 - 06:30	2	2		4		12:15 - 12:30	3	1	1	5	7
06:30 - 06:45	2	1	1	4		12:30 - 12:45	1	1		2	12
06:45 - 07:00	4	2		6	19	12:45 - 13:00	2	1	1	4	18
07:00 - 07:15	3		1	4	18	13:00 - 13:15	4	2		6	17
07:15 - 07:30				0	14	13:15 - 13:30	2	1	1	4	16
07:30 - 07:45	2			2	12	13:30 - 13:45	4	1	1	6	20
07:45 - 08:00	3			3	9	13:45 - 14:00	5	1		6	22
08:00 - 08:15			1	1	6	14:00 - 14:15	2	1	1	4	20
08:15 - 08:30	3			3	9	14:15 - 14:30	3			3	19
08:30 - 08:45	1	1		2	9	14:30 - 14:45				0	13
08:45 - 09:00		1		1	7	14:45 - 15:00			1	1	8
09:00 - 09:15	1	1	1	3	9	15:00 - 15:15	2	1	1	4	8
09:15 - 09:30	1	1		2	8	15:15 - 15:30			1	1	6
09:30 - 09:45	2		1	3	9	15:30 - 15:45	2			2	8
09:45 - 10:00	2	1		3	11	15:45 - 16:00	1		1	2	9
10:00 - 10:15	1	2		3	11	16:00 - 16:15			1	1	6
10:15 - 10:30	3		1	4	13	16:15 - 16:30				0	5
10:30 - 10:45	2		1	3	13	16:30 - 16:45	1	1		2	5
10:45 - 11:00				0	10	16:45 - 17:00	1			1	4
11:00 - 11:15	2			2	9	17:00 - 17:15	5			5	8
11:15 - 11:30	3		1	4	9	17:15 - 17:30		1		1	9
11:30 - 11:45	2			2	8	17:30 - 17:45	1			1	8
11:45 - 12:00	3			3	11	17:45 - 18:00	2	1	1	4	11
Sumatoria Total										139	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CONTEO MANUAL POR DÍA



Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Miercoles 13 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	4					
Clima	Soleado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	3	1		4		12:00 - 12:15	4	2		6	6
06:15 - 06:30	6	2	1	9		12:15 - 12:30		1	1	2	6
06:30 - 06:45	4	1		5		12:30 - 12:45	3	1	1	5	8
06:45 - 07:00	2	2	1	5	23	12:45 - 13:00	1	1		2	15
07:00 - 07:15	2			2	21	13:00 - 13:15	2	2	1	5	14
07:15 - 07:30	1			1	13	13:15 - 13:30	4	1	1	6	18
07:30 - 07:45	3		1	4	12	13:30 - 13:45	1	1		2	15
07:45 - 08:00				0	7	13:45 - 14:00	3	1		4	17
08:00 - 08:15	1			1	6	14:00 - 14:15	3	1		4	16
08:15 - 08:30				0	5	14:15 - 14:30	4		1	5	15
08:30 - 08:45	4	1		5	6	14:30 - 14:45	1			1	14
08:45 - 09:00	2	1		3	9	14:45 - 15:00	1			1	11
09:00 - 09:15	3	1		4	12	15:00 - 15:15	2	1		3	10
09:15 - 09:30		1	1	2	14	15:15 - 15:30	3		1	4	9
09:30 - 09:45	1		1	2	11	15:30 - 15:45	1		1	2	10
09:45 - 10:00		1		1	9	15:45 - 16:00				0	9
10:00 - 10:15	3	1	1	5	10	16:00 - 16:15	1			1	7
10:15 - 10:30	1			1	9	16:15 - 16:30				0	3
10:30 - 10:45	3			3	10	16:30 - 16:45	1	1	1	3	4
10:45 - 11:00	1			1	10	16:45 - 17:00	3			3	7
11:00 - 11:15	1			1	6	17:00 - 17:15	7		1	8	14
11:15 - 11:30	2			2	7	17:15 - 17:30	1	1		2	16
11:30 - 11:45			1	1	5	17:30 - 17:45				0	13
11:45 - 12:00	2			2	6	17:45 - 18:00	3	1		4	14
Sumatoria Total											137



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CONTEO MANUAL POR DÍA



Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Vía Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Jueves 14 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	5					
Clima	Soleado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	3			3		12:00 - 12:15	1	1	1	3	7
06:15 - 06:30	1	2		3		12:15 - 12:30	2	1		3	3
06:30 - 06:45	2	1	2	5		12:30 - 12:45	3	1	1	5	6
06:45 - 07:00	4	2		6	17	12:45 - 13:00	4	2	1	7	18
07:00 - 07:15	5	1		6	20	13:00 - 13:15	2	2		4	19
07:15 - 07:30	3			3	20	13:15 - 13:30	3	1		4	20
07:30 - 07:45	2	1		3	18	13:30 - 13:45	3			3	18
07:45 - 08:00	6		1	7	19	13:45 - 14:00	4			4	15
08:00 - 08:15	1			1	14	14:00 - 14:15	2	1	1	4	15
08:15 - 08:30	1	1	1	3	14	14:15 - 14:30	1	1		2	13
08:30 - 08:45	3	1		4	15	14:30 - 14:45	2			2	12
08:45 - 09:00	3			3	11	14:45 - 15:00	2			2	10
09:00 - 09:15		1		1	11	15:00 - 15:15	1	1		2	8
09:15 - 09:30	1			1	9	15:15 - 15:30	3		1	4	10
09:30 - 09:45	2	1	1	4	9	15:30 - 15:45				0	8
09:45 - 10:00	3	1		4	10	15:45 - 16:00	2			2	8
10:00 - 10:15	1			1	10	16:00 - 16:15			1	1	7
10:15 - 10:30	2	1		3	12	16:15 - 16:30				0	3
10:30 - 10:45	1			1	9	16:30 - 16:45	3	1		4	7
10:45 - 11:00				0	5	16:45 - 17:00	2			2	7
11:00 - 11:15	2	1	1	4	8	17:00 - 17:15	2			2	8
11:15 - 11:30				0	5	17:15 - 17:30	2	1		3	11
11:30 - 11:45	3			3	7	17:30 - 17:45	1	1	1	3	10
11:45 - 12:00				0	7	17:45 - 18:00	2		1	3	11
Sumatoria Total											138



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CONTEO MANUAL POR DÍA



Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinllopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinllopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Viernes 15 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	6					
Clima	Soleado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	4	1		5		12:00 - 12:15			1	1	5
06:15 - 06:30	3	1		4		12:15 - 12:30	1			1	1
06:30 - 06:45	2	2	2	6		12:30 - 12:45	3	1	1	5	2
06:45 - 07:00	6	2		8	23	12:45 - 13:00	2	2	1	5	12
07:00 - 07:15	2			2	20	13:00 - 13:15	3	1		4	15
07:15 - 07:30	3	1		4	20	13:15 - 13:30	2	1		3	17
07:30 - 07:45	1	1		2	16	13:30 - 13:45	4			4	16
07:45 - 08:00	4		1	5	13	13:45 - 14:00	2	2		4	15
08:00 - 08:15	1	1		2	13	14:00 - 14:15	1	1	1	3	14
08:15 - 08:30	2		1	3	12	14:15 - 14:30	5	1		6	17
08:30 - 08:45	1	1		2	12	14:30 - 14:45	2			2	15
08:45 - 09:00	1			1	8	14:45 - 15:00	1			1	12
09:00 - 09:15	1			1	7	15:00 - 15:15	2	1		3	12
09:15 - 09:30	2			2	6	15:15 - 15:30	4		1	5	11
09:30 - 09:45			1	1	5	15:30 - 15:45	1	2		3	12
09:45 - 10:00	1	1		2	6	15:45 - 16:00		1		1	12
10:00 - 10:15		1		1	6	16:00 - 16:15	2		1	3	12
10:15 - 10:30	3			3	7	16:15 - 16:30	1			1	8
10:30 - 10:45	2	1		3	9	16:30 - 16:45	4	1		5	10
10:45 - 11:00	1			1	8	16:45 - 17:00	1			1	10
11:00 - 11:15			1	1	8	17:00 - 17:15	3	1		4	11
11:15 - 11:30	1			1	6	17:15 - 17:30	1			1	11
11:30 - 11:45		1		1	4	17:30 - 17:45	2	1	1	4	10
11:45 - 12:00	2			2	5	17:45 - 18:00	1		1	2	11
Sumatoria Total											135



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBATO
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CONTEO MANUAL POR DÍA



Proyecto:	"Diseño Geométrico Y De La Estructura Del Pavimento De La Vía Pinlopata – El Corazón En El Tramo 7+900 Hasta 11+800 Perteneciente Al Cantón Pangua De La Provincia De Cotopaxi"										
Lugar:	Sector La Merced										
Ubicación:	Via Pinlopata - El Corazón Km 3+190				Fecha:	Sabado 16 de Noviembre del 2019					
Sentido:	Ambos				Día:	7					
Clima	Soleado				Responsable:	Max Bryan Martínez					
Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado	Intervalo	Tipo de Vehículo			Total	Total Acumulado
	A	B	C				A	B	C		
06:00 - 06:15	6		1	7		12:00 - 12:15	2	1		3	11
06:15 - 06:30			1	1		12:15 - 12:30	3			3	3
06:30 - 06:45	3	1		4		12:30 - 12:45	5			5	6
06:45 - 07:00			1	1	13	12:45 - 13:00	2			2	13
07:00 - 07:15	2			2	8	13:00 - 13:15	3			3	13
07:15 - 07:30				0	7	13:15 - 13:30	1			1	11
07:30 - 07:45	2			2	5	13:30 - 13:45				0	6
07:45 - 08:00	2		1	3	7	13:45 - 14:00	5			5	9
08:00 - 08:15	1			1	6	14:00 - 14:15	4		1	5	11
08:15 - 08:30	2			2	8	14:15 - 14:30		1		1	11
08:30 - 08:45				0	6	14:30 - 14:45	3			3	14
08:45 - 09:00	2		1	3	6	14:45 - 15:00			1	1	10
09:00 - 09:15				0	5	15:00 - 15:15	2	1		3	8
09:15 - 09:30	2			2	5	15:15 - 15:30				0	7
09:30 - 09:45	1	1		2	7	15:30 - 15:45	2			2	6
09:45 - 10:00	3	1	1	5	9	15:45 - 16:00	2	1		3	8
10:00 - 10:15	1		1	2	11	16:00 - 16:15	1		1	2	7
10:15 - 10:30	2			2	11	16:15 - 16:30				0	7
10:30 - 10:45	3			3	12	16:30 - 16:45				0	5
10:45 - 11:00	2	1		3	10	16:45 - 17:00	3		1	4	6
11:00 - 11:15	1			1	9	17:00 - 17:15				0	4
11:15 - 11:30	2			2	9	17:15 - 17:30	2	1		3	7
11:30 - 11:45	3		1	4	10	17:30 - 17:45				0	7
11:45 - 12:00	4			4	11	17:45 - 18:00	1	1	2	4	7
Sumatoria Total											109

ANEXO 9: ESTUDIO DE SUELOS



Excavación de calicata



Calicata de 1.20*1.20*1.20



Extracción de muestras



Secado de las muestras de suelo



Ensayo de Granulometría



Tamizadora Automática



Pesado de la muestra retenida por tamiz



Ensayo Proctor Modificado D



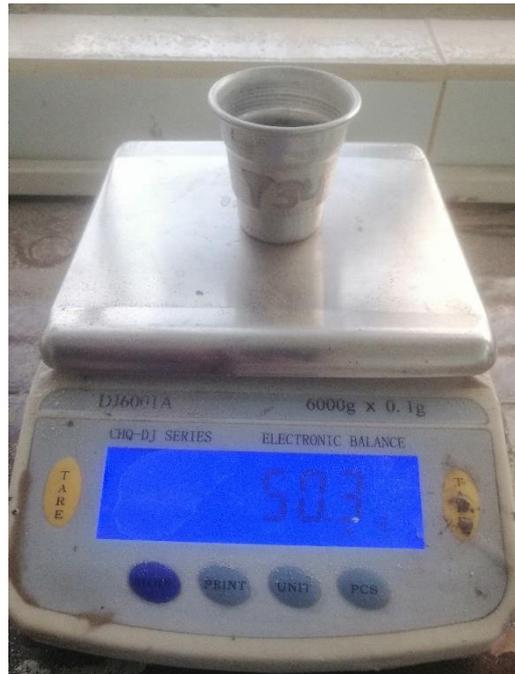
Peso del Molde con la muestra de suelo



Ensayo de CBR



Peso del molde más muestra CBR



Peso de la muestra del Ensayo CBR



Medición del esponjamiento antes de sumergir



Muestras sumergidas



Medición del esponjamiento luego de la saturación.



Peso de la muestra de CBR más pesa

ANEXO 10: TABLAS DE GRANULOMETRÍA



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

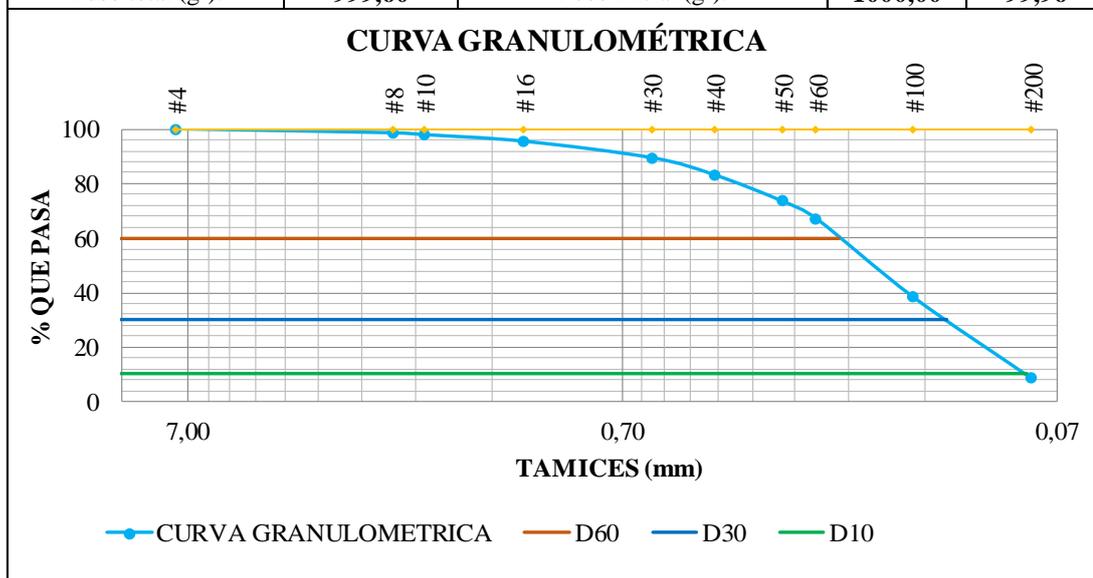


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714568 Y:9873153

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	14,60	14,60	1,46	98,54	1,46
#10	2,00	6,90	21,50	2,15	97,85	0,69
#16	1,18	24,10	45,60	4,56	95,44	2,41
#30	0,60	60,20	105,80	10,58	89,42	6,02
#40	0,43	62,90	168,70	16,87	83,13	6,29
#50	0,30	96,40	265,10	26,51	73,49	9,64
#60	0,25	65,30	330,40	33,04	66,96	6,53
#100	0,15	285,40	615,80	61,58	38,42	28,54
#200	0,08	298,20	914,00	91,40	8,60	29,82
PASA #200		85,60	999,60	99,96	0,04	8,56
Peso total (gr):		999,60	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,96



RESULTADOS			Fracciones de partículas		
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,082	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,125	mm	Arena	91,40	%
D60 :	0,221	mm	Finos	8,56	%
Cu :	2,70				

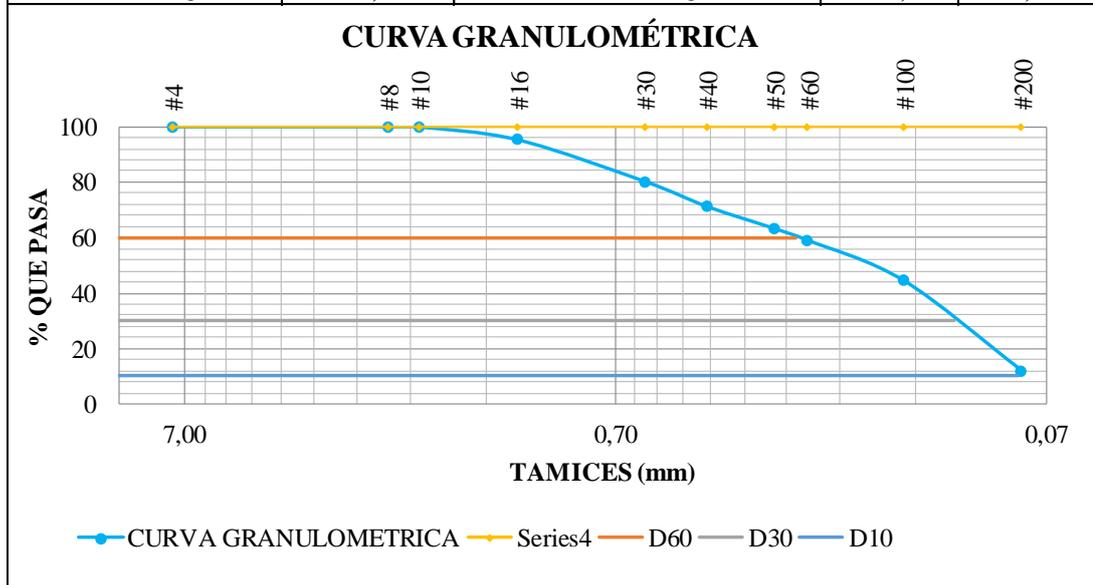


Parroquia: Pinllopata
 Vía: Pinllopata - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714877 Y:9872955

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#10	2,00	0,80	0,80	0,08	99,92	0,08
#16	1,18	46,50	47,30	4,73	95,27	4,65
#30	0,60	150,20	197,50	19,75	80,25	15,02
#40	0,43	90,70	288,20	28,82	71,18	9,07
#50	0,30	79,60	367,80	36,78	63,22	7,96
#60	0,25	43,50	411,30	41,13	58,87	4,35
#100	0,15	145,30	556,60	55,66	44,34	14,53
#200	0,08	324,50	881,10	88,11	11,89	32,45
PASA #200		118,20	999,30	99,93	0,07	11,82
Peso total (gr):		999,30	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,93



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,081	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,114	mm	Arena	88,11	%
D60 :	0,266	mm	Finos	11,82	%
Cu :	3,28				
Cc :	0,60				

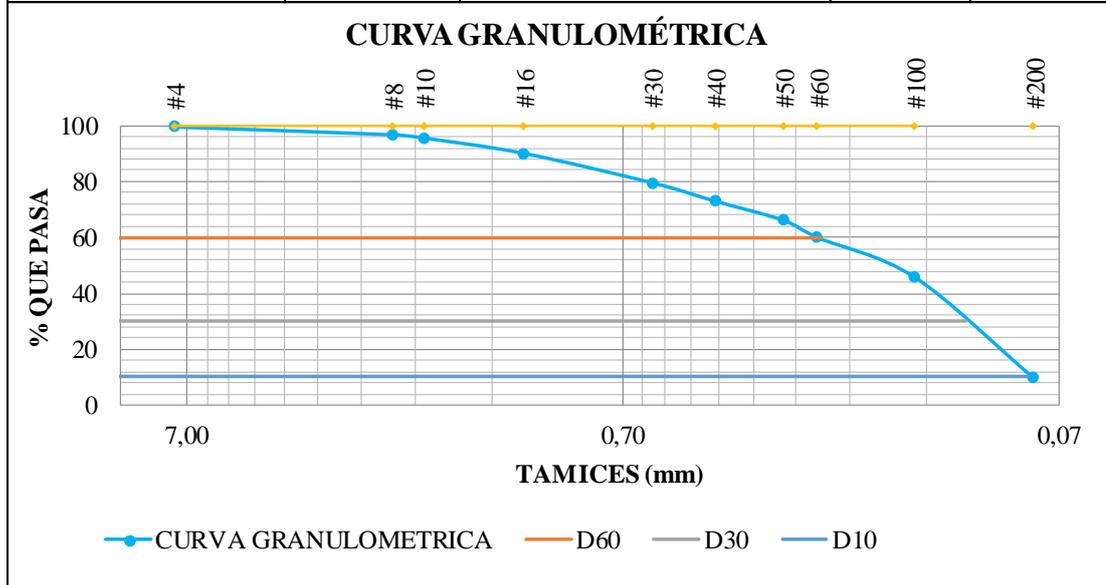


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715251 Y: 9872915

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	4,60	4,60	0,46	99,54	0,46
#8	2,36	27,90	32,50	3,25	96,75	2,79
#10	2,00	12,00	44,50	4,45	95,55	1,20
#16	1,18	54,70	99,20	9,93	90,07	5,47
#30	0,60	105,10	204,30	20,44	79,56	10,52
#40	0,43	65,80	270,10	27,03	72,97	6,58
#50	0,30	68,40	338,50	33,87	66,13	6,84
#60	0,25	62,30	400,80	40,10	59,90	6,23
#100	0,15	141,40	542,20	54,25	45,75	14,15
#200	0,08	360,50	902,70	90,32	9,68	36,07
PASA #200		96,70	999,40	100,00	0,00	9,68
Peso total (gr):		999,40	Peso Inicial (gr):		1000,00	100,00



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,082	mm	Grava	0,46	%
D30 :	0,114	mm	Arena	89,86	%
D60 :	0,246	mm	Finos	9,68	%
Cu :	3,00				
Cc :	0,64				

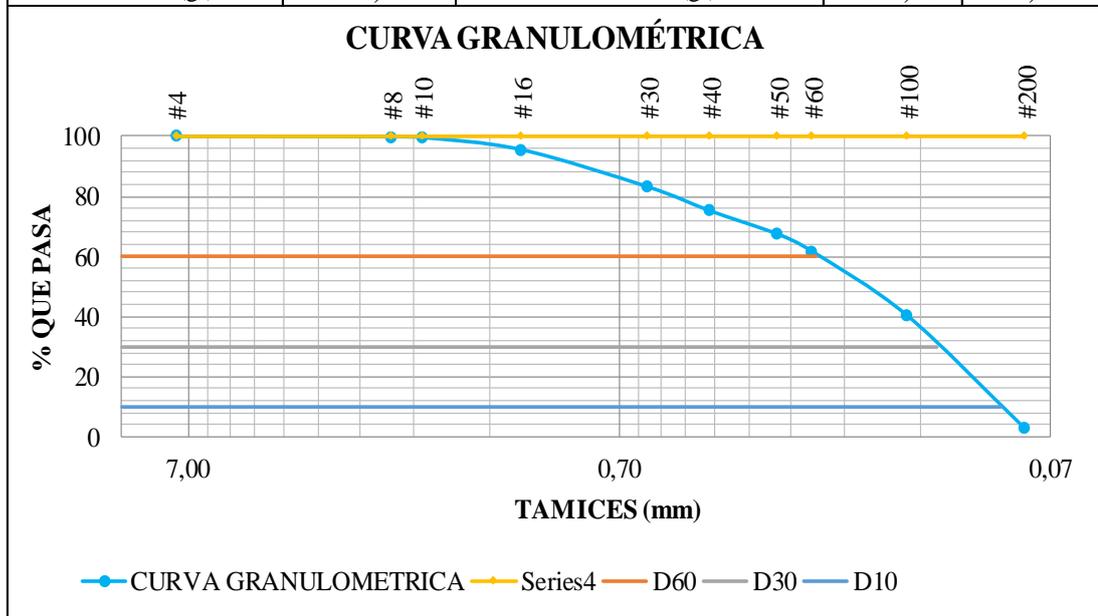


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajó
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715582 Y: 9872855

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,90	0,90	0,09	99,91	0,09
#10	2,00	2,50	3,40	0,34	99,66	0,25
#16	1,18	40,50	43,90	4,39	95,61	4,05
#30	0,60	123,70	167,60	16,76	83,24	12,37
#40	0,43	79,90	247,50	24,75	75,25	7,99
#50	0,30	77,40	324,90	32,49	67,51	7,74
#60	0,25	56,70	381,60	38,16	61,84	5,67
#100	0,15	214,70	596,30	59,63	40,37	21,47
#200	0,08	375,60	971,90	97,19	2,81	37,56
PASA #200		27,60	999,50	99,95	0,05	2,76
Peso total (gr):		999,50	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,95



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,091	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,128	mm	Arena	97,19	%
D60 :	0,245	mm	Finos	2,76	%
Cu :	2,69				

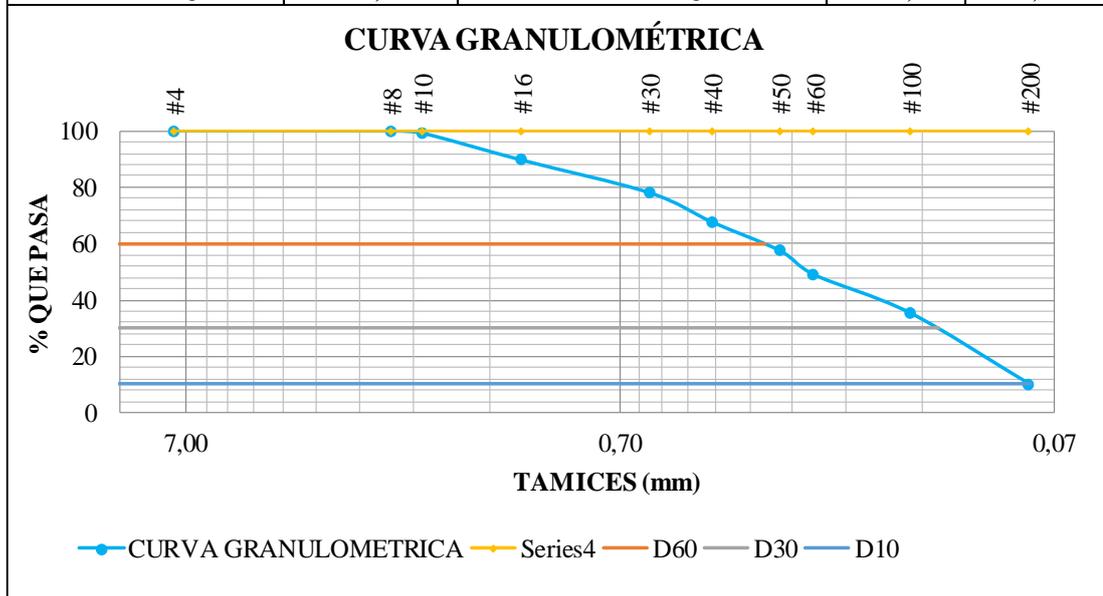


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715846 Y: 9872675

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	0,40	0,40	0,04	99,96	0,04
#10	2,00	8,20	8,60	0,86	99,14	0,82
#16	1,18	95,70	104,30	10,43	89,57	9,57
#30	0,60	115,60	219,90	21,99	78,01	11,56
#40	0,43	104,40	324,30	32,43	67,57	10,44
#50	0,30	101,60	425,90	42,59	57,41	10,16
#60	0,25	85,40	511,30	51,13	48,87	8,54
#100	0,15	136,10	647,40	64,74	35,26	13,61
#200	0,08	250,60	898,00	89,80	10,20	25,06
PASA #200		101,20	999,20	99,92	0,08	10,12
Peso total (gr):		999,20	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,92



RESULTADOS

Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,079	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,129	mm	Arena	89,80	%
D60 :	0,325	mm	Finos	10,12	%
Cu :	4,11				

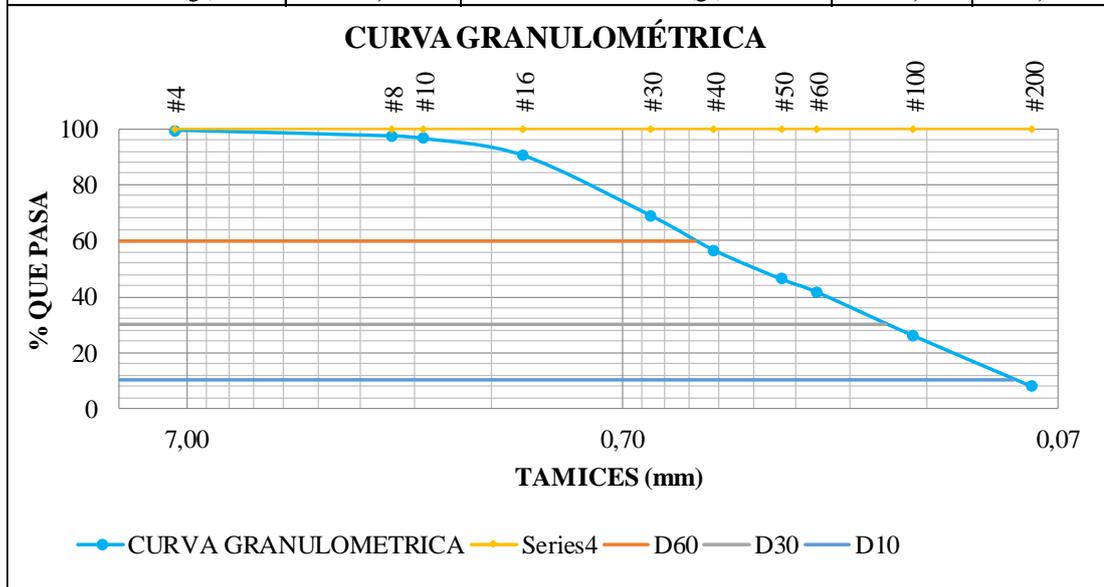


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 716017 Y: 9872731

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	6,60	6,60	0,66	99,34	0,66
#8	2,36	20,40	27,00	2,70	97,30	2,04
#10	2,00	9,10	36,10	3,61	96,39	0,91
#16	1,18	60,40	96,50	9,65	90,35	6,04
#30	0,60	215,00	311,50	31,15	68,85	21,50
#40	0,43	122,60	434,10	43,41	56,59	12,26
#50	0,30	103,70	537,80	53,78	46,22	10,37
#60	0,25	44,90	582,70	58,27	41,73	4,49
#100	0,15	155,60	738,30	73,83	26,17	15,56
#200	0,08	181,00	919,30	91,93	8,07	18,10
PASA #200		79,50	998,80	99,88	0,12	7,95
Peso total (gr):		998,80	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,88



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,088	mm	Grava	0,66	%
D30 :	0,173	mm	Arena	91,27	%
D60 :	0,475	mm	Finos	7,95	%
Cu :	5,40				
Cc :	0,72				

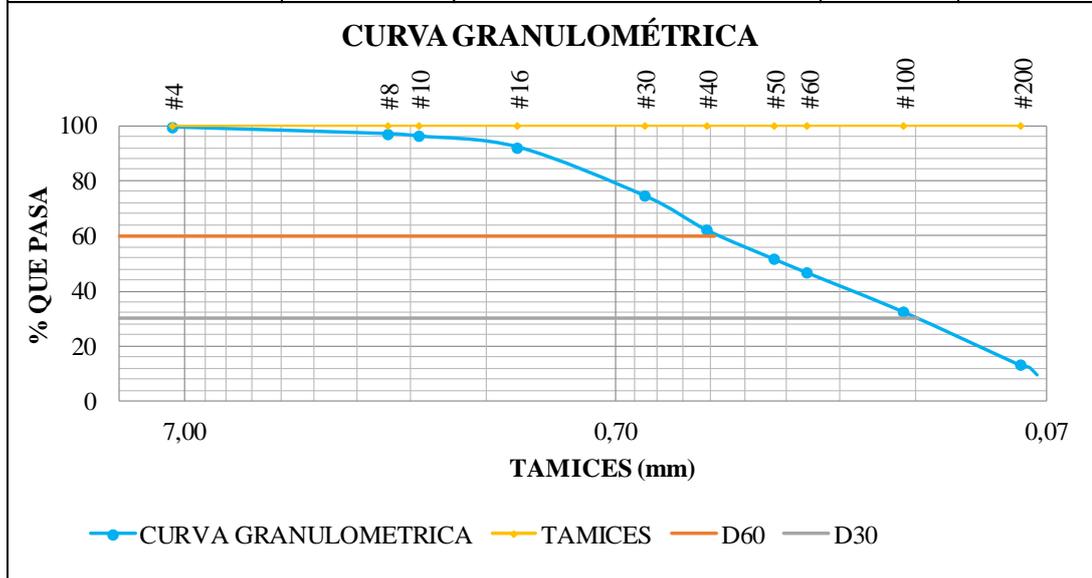


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	8,20	8,20	0,82	99,18	0,82
#8	2,36	24,10	32,30	3,23	96,77	2,41
#10	2,00	8,70	41,00	4,10	95,90	0,87
#16	1,18	39,80	80,80	8,08	91,92	3,98
#30	0,60	175,40	256,20	25,62	74,38	17,54
#40	0,43	124,30	380,50	38,05	61,95	12,43
#50	0,30	104,60	485,10	48,51	51,49	10,46
#60	0,25	50,90	536,00	53,60	46,40	5,09
#100	0,15	140,20	676,20	67,62	32,38	14,02
#200	0,08	193,40	869,60	86,96	13,04	19,34
PASA #200		129,60	999,20	12,96	87,04	12,96
Peso total (gr):		999,20	Peso Inicial (gr):		1000,00	99,92



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,075	mm	Grava	0,82	%
D30 :	0,139	mm	Arena	86,14	%
D60 :	0,411	mm	Finos	12,96	%
Cu :	5,48				
Cc :	0,63				

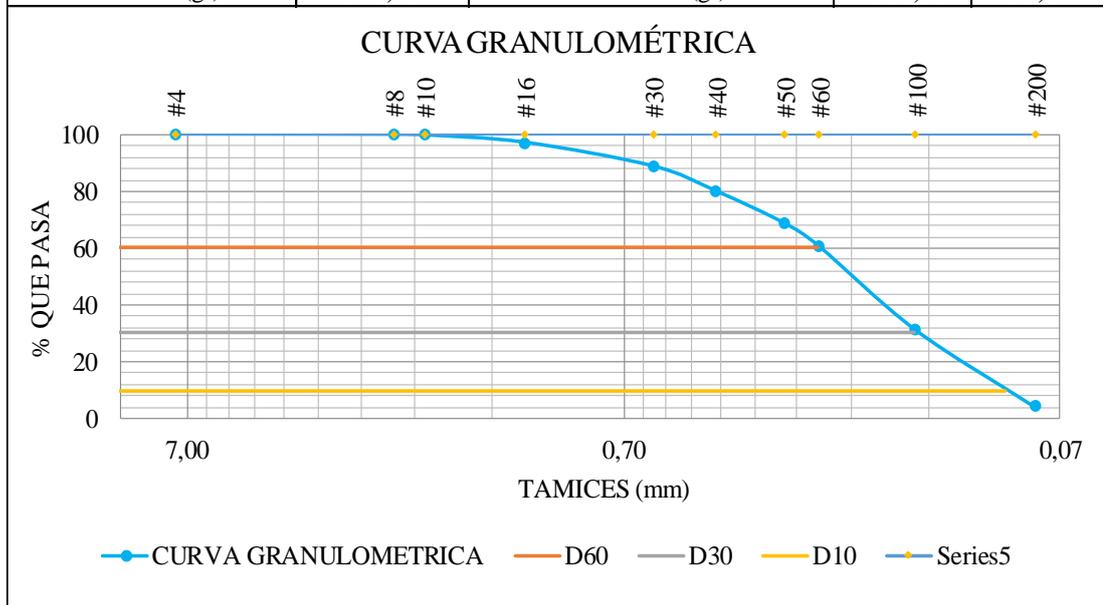


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715894 Y: 9872175

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
#8	2,36	1,00	1,00	0,10	99,90	0,10
#10	2,00	2,20	3,20	0,32	99,68	0,22
#16	1,18	25,80	29,00	2,90	97,10	2,58
#30	0,60	82,90	111,90	11,19	88,81	8,29
#40	0,43	87,50	199,40	19,94	80,06	8,75
#50	0,30	112,50	311,90	31,19	68,81	11,25
#60	0,25	80,60	392,50	39,25	60,75	8,06
#100	0,15	294,60	687,10	68,71	31,29	29,46
#200	0,08	270,00	957,10	95,71	4,29	27,00
PASA #200		41,30	998,40	99,84	0,16	4,13
Peso total (gr):		998,40		Peso inicial (gr):	1000,00	99,84



RESULTADOS					
Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,093	mm	Grava	0,00	%
D30 :	0,151	mm	Arena	95,71	%
D60 :	0,251	mm	Finos	4,13	%
Cu :	2,70				



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



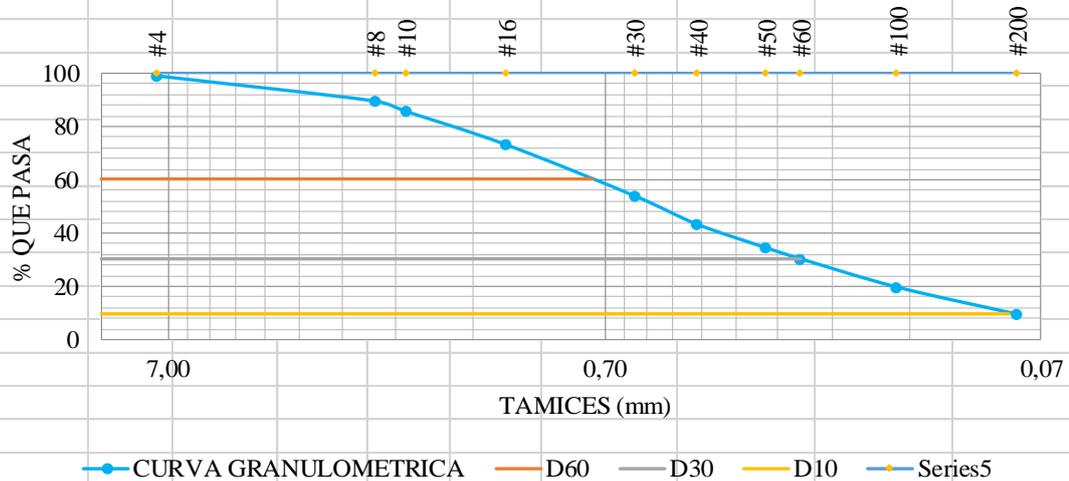
Parroquia: Pinllopata
 Vía: Pinllopata - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:714603 Y: 9872988

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	% Retenido
#4	7,46	17,30	17,30	1,15	98,85	1,15
#8	2,36	141,60	158,90	10,59	89,41	9,44
#10	2,00	57,80	216,70	14,45	85,55	3,85
#16	1,18	186,80	403,50	26,90	73,10	12,45
#30	0,60	287,40	690,90	46,06	53,94	19,16
#40	0,43	161,30	852,20	56,81	43,19	10,75
#50	0,30	131,20	983,40	65,56	34,44	8,75
#60	0,25	62,20	1045,60	69,71	30,29	4,15
#100	0,15	160,10	1205,70	80,38	19,62	10,67
#200	0,08	151,50	1357,20	90,48	9,52	10,10
PASA #200		140,70	1497,90	99,86	0,14	9,38
Peso total (gr):		1497,90	Peso inicial (gr):		1500,00	99,86

CURVA GRANULOMÉTRICA



RESULTADOS

Coeficiente de uniformidad y curvatura			Fracciones de partículas		
D10 :	0,083	mm	Grava	1,15	%
D30 :	0,248	mm	Arena	89,33	%
D60 :	0,745	mm	Finos	9,38	%
Cu :	8,98				
Cc :	0,99				

ANEXO 11: TABLAS DE LIMITES DE ATTERBERG



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

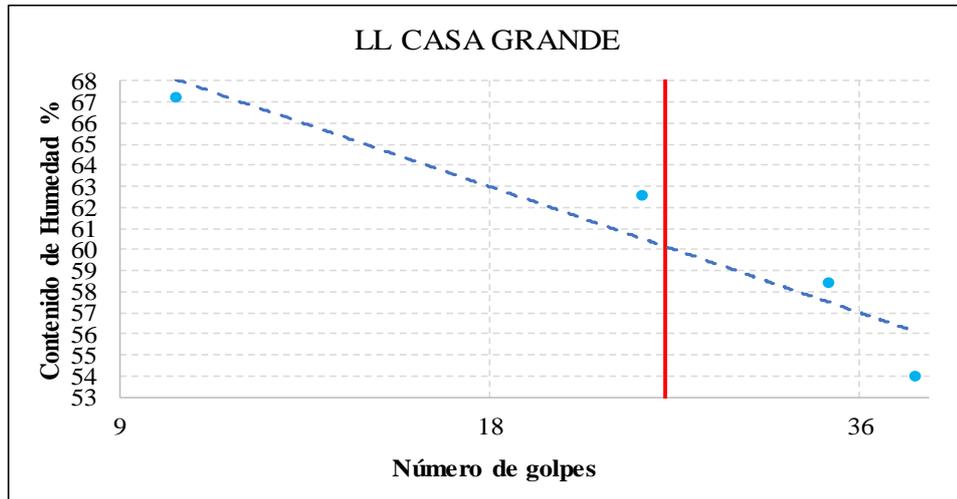


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabaja
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714568 Y:9873153

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipient e	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
68	10	21,30	17,10	10,90	4,20	6,20	67,74	67,20
31		18,60	16,40	13,10	2,20	3,30	66,67	
11	24	18,80	16,00	11,50	2,80	4,50	62,22	62,54
25		16,60	14,40	10,90	2,20	3,50	62,86	
37	34	16,30	14,50	11,40	1,80	3,10	58,06	58,44
33		16,50	14,50	11,10	2,00	3,40	58,82	
27	40	19,20	16,10	10,40	3,10	5,70	54,39	53,98
64		19,40	16,40	10,80	3,00	5,60	53,57	
Límite Plástico								
200		11,20	11,00	10,60	0,20	0,40	50,00	54,33
6E		11,10	10,90	10,60	0,20	0,30	66,67	
76		11,30	11,10	10,60	0,20	0,50	40,00	
3E		11,40	11,10	10,70	0,30	0,40	75,00	
P3		11,20	11,00	10,50	0,20	0,50	40,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	60,15	%	SUCS	SP,SC
Límite Plástico	54,33	%		
Índice de Plasticidad	5,82	%	AASHTO	A-2-5 (0)

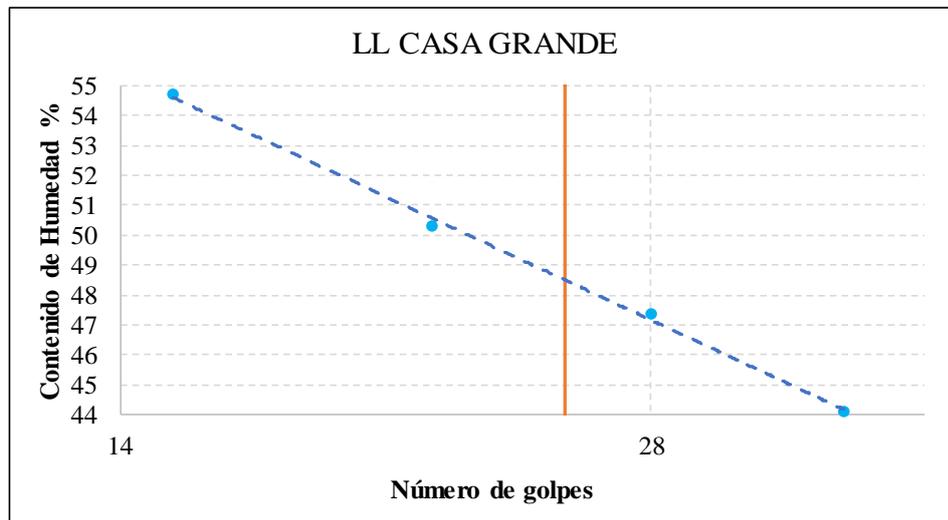


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714877 Y:9872955

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
4	15	26,00	20,80	11,10	5,20	9,70	53,61	54,70
15		26,10	20,80	11,30	5,30	9,50	55,79	
24	21	23,00	19,00	11,00	4,00	8,00	50,00	50,30
30		23,40	19,20	10,90	4,20	8,30	50,60	
33	28	24,00	19,90	11,20	4,10	8,70	47,13	47,40
45		23,70	19,60	11,00	4,10	8,60	47,67	
47	36	23,40	19,60	10,90	3,80	8,70	43,68	44,13
51		23,10	19,40	11,10	3,70	8,30	44,58	
Límite Plástico								
A1		12,00	11,60	10,50	0,40	1,10	36,36	41,61
C4		11,90	11,40	10,40	0,50	1,00	50,00	
14		12,10	11,70	10,70	0,40	1,00	40,00	
18		12,20	11,70	10,50	0,50	1,20	41,67	
T2		12,00	11,60	10,60	0,40	1,00	40,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	48,50	%	SUCS	SP,SC
Límite Plástico	41,61	%		
Índice de Plasticidad	6,90	%	AASHTO	A-2-5 (0)

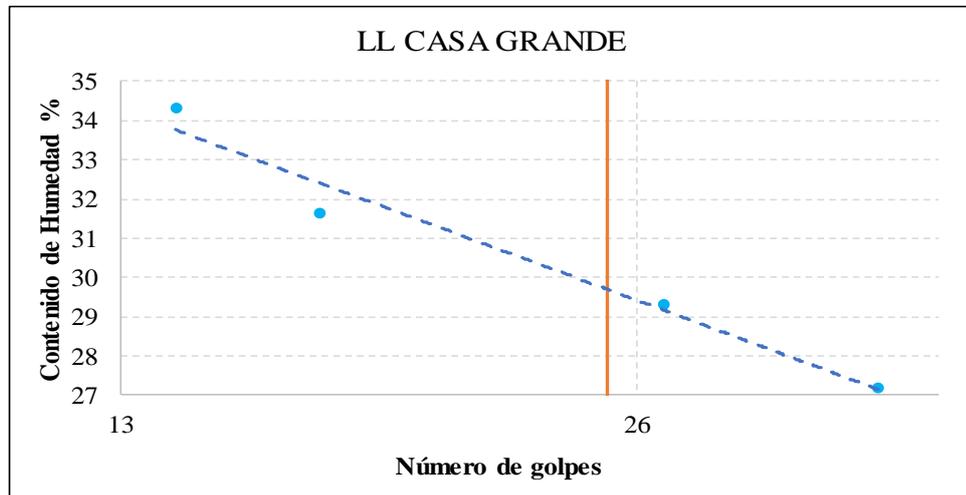


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715251 Y: 9872915

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipient	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
2	14	31,10	26,00	11,30	5,10	14,70	34,69	34,32
8		33,50	27,90	11,40	5,60	16,50	33,94	
16	17	28,80	24,60	11,50	4,20	13,10	32,06	31,63
20		29,50	25,10	11,00	4,40	14,10	31,21	
27	27	32,00	27,20	10,90	4,80	16,30	29,45	29,32
31		32,80	28,10	12,00	4,70	16,10	29,19	
37	36	29,70	25,90	11,60	3,80	14,30	26,57	27,19
42		30,50	26,30	11,20	4,20	15,10	27,81	
Límite Plástico								
B7		8,70	8,40	7,20	0,30	1,20	25,00	23,73
10		9,00	8,70	7,30	0,30	1,40	21,43	
32		8,80	8,50	7,10	0,30	1,40	21,43	
C3		8,70	8,30	7,00	0,40	1,30	30,77	
T6		9,10	8,80	7,30	0,30	1,50	20,00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	29,70	%	SUCS	SP,SC
Límite Plástico	23,73	%		
Índice de Plasticidad	5,98	%	AASHTO	A-2-4 (0)

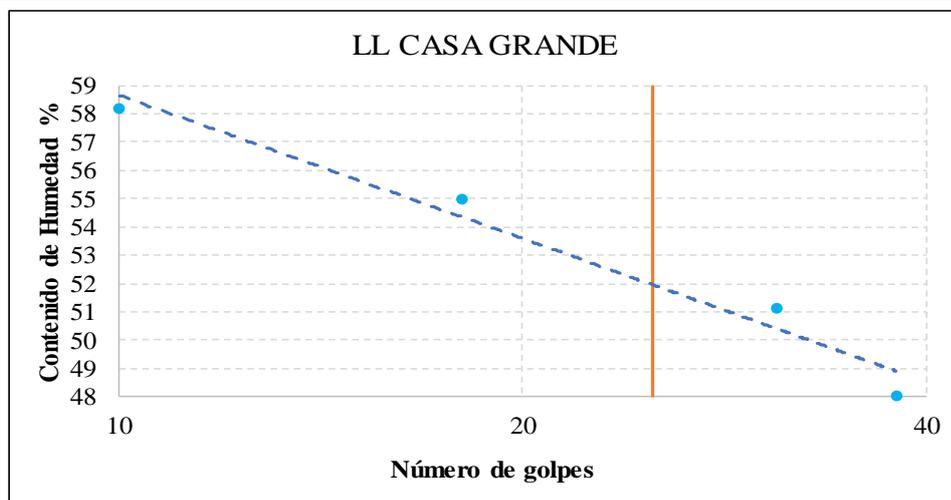


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715582 Y: 9872855

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
4	10	20,80	17,20	11,10	3,60	6,10	59,02	58,18
15		22,00	18,10	11,30	3,90	6,80	57,35	
24	18	19,80	16,70	11,00	3,10	5,70	54,39	54,97
30		20,70	17,20	10,90	3,50	6,30	55,56	
33	31	22,30	18,60	11,20	3,70	7,40	50,00	51,12
45		21,20	17,70	11,00	3,50	6,70	52,24	
47	38	17,70	15,50	10,90	2,20	4,60	47,83	48,02
51		19,40	16,70	11,10	2,70	5,60	48,21	
Límite Plástico								
A1		11,80	11,40	10,50	0,40	0,90	44,44	46,67
C4		11,90	11,40	10,40	0,50	1,00	50,00	
14		12,10	11,60	10,70	0,50	0,90	55,56	
18		12,00	11,50	10,50	0,50	1,00	50,00	
T2		12,20	11,80	10,60	0,40	1,20	33,33	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	51,96	%	SUCS	SP
Límite Plástico	46,67	%		
Índice de Plasticidad	5,29	%	AASHTO	A-2-5 (0)

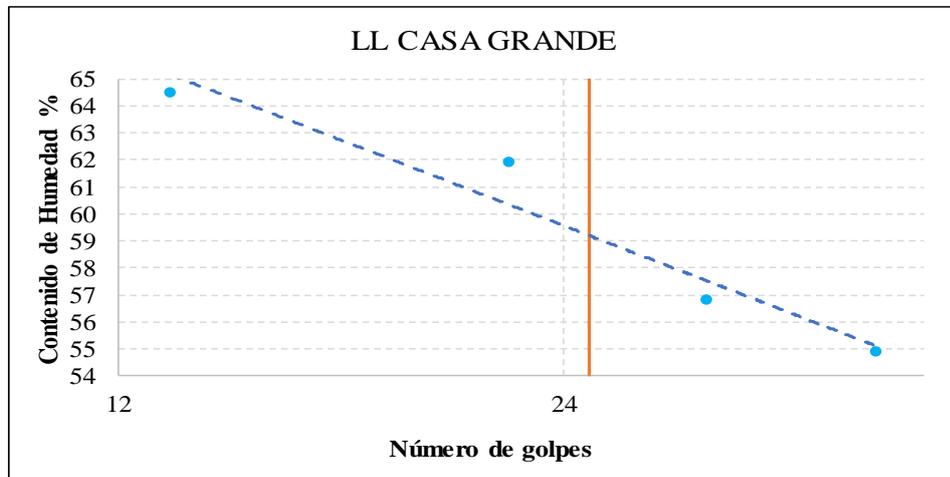


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715846 Y: 9872675

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
2	13	21,70	17,60	11,30	4,10	6,30	65,08	64,51
8		21,40	17,50	11,40	3,90	6,10	63,93	
16	22	18,00	15,50	11,50	2,50	4,00	62,50	61,93
20		18,10	15,40	11,00	2,70	4,40	61,36	
27	30	21,70	17,80	10,90	3,90	6,90	56,52	56,83
31		20,80	17,60	12,00	3,20	5,60	57,14	
37	39	18,80	16,30	11,60	2,50	4,70	53,19	54,90
42		19,50	16,50	11,20	3,00	5,30	56,60	
Límite Plástico								
B7		8,70	8,20	7,20	0,50	1,00	50,00	50,50
10		8,60	8,20	7,30	0,40	0,90	44,44	
32		8,60	8,10	7,20	0,50	0,90	55,56	
C3		8,50	8,10	7,10	0,40	1,00	40,00	
T6		8,60	8,10	7,30	0,50	0,80	62,50	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	59,19	%	SUCS	SP,SC
Límite Plástico	50,50	%		
Índice de Plasticidad	8,69	%	AASHTO	A-2-5 (0)

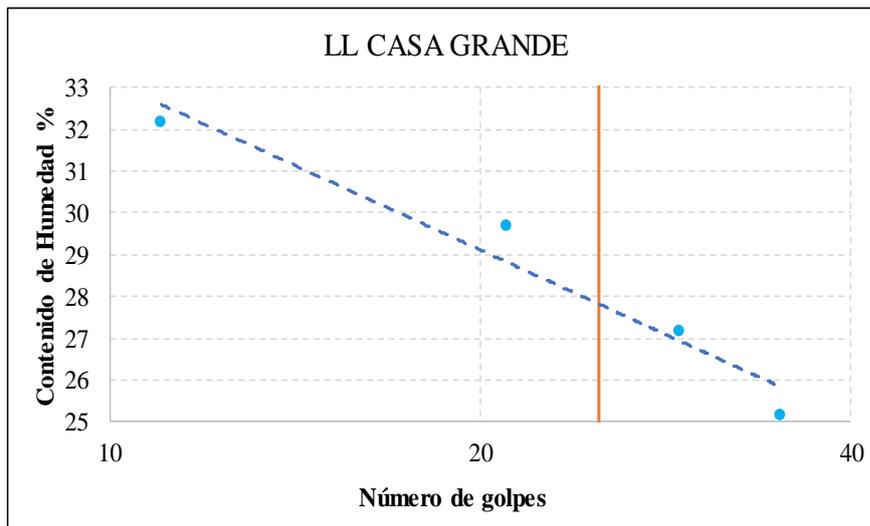


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 716017 Y: 9872731

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
4	11	20,70	18,40	11,10	2,30	7,30	31,51	32,18
15		20,60	18,30	11,30	2,30	7,00	32,86	
24	21	21,10	18,80	11,00	2,30	7,80	29,49	29,70
30		24,80	21,60	10,90	3,20	10,70	29,91	
33	29	20,80	18,70	11,20	2,10	7,50	28,00	27,19
45		20,10	18,20	11,00	1,90	7,20	26,39	
47	35	20,50	18,60	10,90	1,90	7,70	24,68	25,16
51		20,90	18,90	11,10	2,00	7,80	25,64	
Límite Plástico								
A1		12,10	11,80	10,50	0,30	1,30	23,08	23,36
C4		11,90	11,60	10,40	0,30	1,20	25,00	
14		11,90	11,70	10,70	0,20	1,00	20,00	
18		12,20	11,90	10,50	0,30	1,40	21,43	
T2		12,00	11,70	10,60	0,30	1,10	27,27	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	27,81	%	SUCS	SP,SC
Límite Plástico	23,36	%		
Índice de Plasticidad	4,46	%	AASHTO	A-2-4 (0)

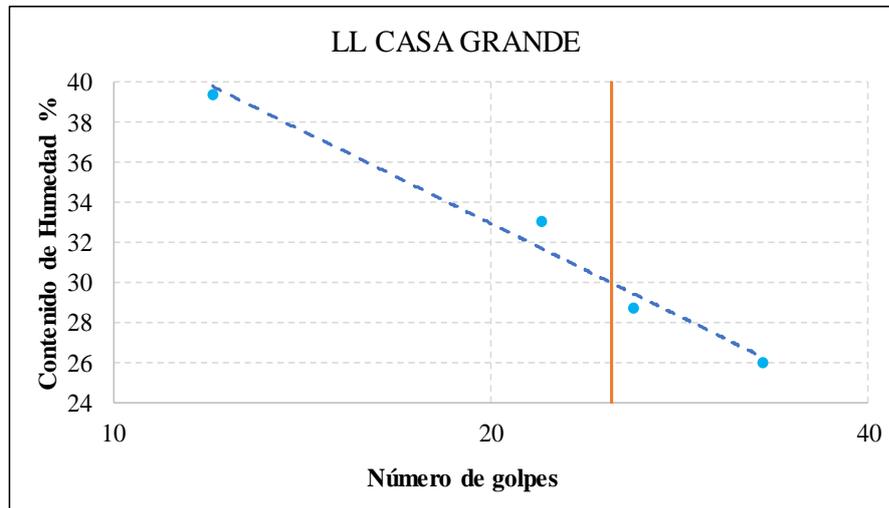


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
2	12	19,40	17,20	11,30	2,20	5,90	37,29	39,40
8		18,90	16,70	11,40	2,20	5,30	41,51	
16	22	19,70	17,70	11,50	2,00	6,20	32,26	33,06
20		19,30	17,20	11,00	2,10	6,20	33,87	
27	26	20,20	18,10	10,90	2,10	7,20	29,17	28,69
31		22,00	19,80	12,00	2,20	7,80	28,21	
37	33	19,60	17,90	11,60	1,70	6,30	26,98	25,99
42		18,70	17,20	11,20	1,50	6,00	25,00	
Límite Plástico								
B7		8,40	8,20	7,20	0,20	1,00	20,00	23,36
10		8,70	8,40	7,30	0,30	1,10	27,27	
32		8,30	8,10	7,10	0,20	1,00	20,00	
C3		8,70	8,30	7,00	0,40	1,30	30,77	
T6		9,20	8,90	7,30	0,30	1,60	18,75	



Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	29,99	%	SUCS	SM,SC
Límite Plástico	23,36	%		
Índice de Plasticidad	6,63	%	AASHTO	A-2-4 (0)

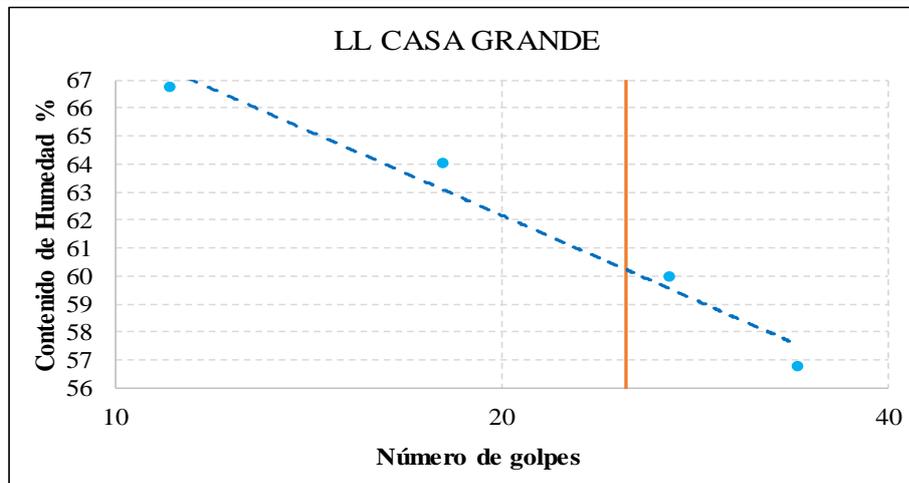


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715894 Y: 9872175

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
4	11	22,90	18,20	11,10	4,70	7,10	66,20	66,75
15		20,00	16,50	11,30	3,50	5,20	67,31	
24	18	20,70	16,90	11,00	3,80	5,90	64,41	64,02
30		19,90	16,40	10,90	3,50	5,50	63,64	
33	27	19,50	16,40	11,20	3,10	5,20	59,62	60,00
45		19,50	16,30	11,00	3,20	5,30	60,38	
47	34	19,80	16,60	10,90	3,20	5,70	56,14	56,79
51		18,50	15,80	11,10	2,70	4,70	57,45	
Límite Plástico								
A1		12,50	11,80	10,50	0,70	1,30	53,85	54,40
C4		12,00	11,40	10,40	0,60	1,00	60,00	
14		12,10	11,60	10,70	0,50	0,90	55,56	
18		12,10	11,60	10,50	0,50	1,10	45,45	
T2		11,70	11,30	10,60	0,40	0,70	57,14	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	60,23	%	SUCS	SP
Límite Plástico	54,40	%		
Índice de Plasticidad	5,83	%	AASHTO	A-2-5 (0)



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

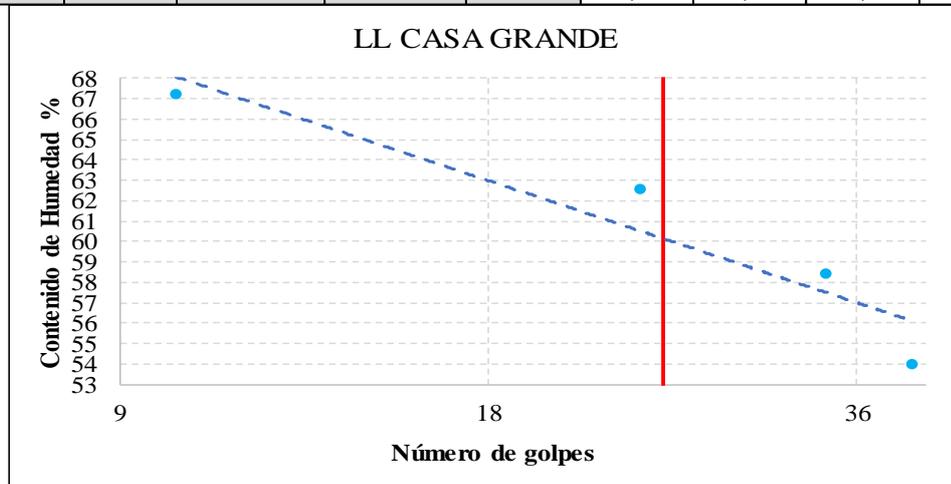


Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:714603 Y: 9872988

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
68	5	27,70	20,80	11,40	6,90	9,40	73,40	73,80
31		27,20	20,30	11,00	6,90	9,30	74,19	
11	16	23,60	18,70	11,40	4,90	7,30	67,12	66,09
25		24,80	19,40	11,10	5,40	8,30	65,06	
37	25	25,10	19,90	11,20	5,20	8,70	59,77	64,54
33		26,20	20,10	11,30	6,10	8,80	69,32	
27	42	25,50	20,60	12,30	4,90	8,30	59,04	60,02
64		26,70	20,60	10,60	6,10	10,00	61,00	
Límite Plástico								
200		25,70	20,80	11,40	4,90	9,40	52,13	62,09
6E		25,80	20,30	11,00	5,50	9,30	59,14	
76		23,60	18,70	11,40	4,90	7,30	67,12	
3E		24,80	19,40	11,10	5,40	8,30	65,06	
P3		25,10	19,90	11,20	5,20	8,70	59,77	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	63,66	%	SUCS	SP,SM
Límite Plástico	62,09	%		
Índice de Plasticidad	1,57	%	AASHTO	A-2-5 (0)

ANEXO 12: COMPACTACIÓN DEL SUELO



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



Parroquia: Pinllopata
 Vía: Pinllopata - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714568 Y:9873153

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15435	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	34	37	40	43				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18536	18788	18902	18778				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3101	3353	3467	3343				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,473	1,593	1,647	1,588				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	17	21	7	22	19	20	16	4
Peso del recipiente W _r	7,2	7,4	7,4	7,4	7,5	7,3	7,5	7,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	43,3	48	54	51,8	54,4	52,9	65,7	56,5
Rec+suelo seco W _s + W _m	34,1	37,7	41,5	39,9	41	40,2	48,4	41,9
Peso sólidos W _s	26,9	30,3	34,1	32,5	33,5	32,9	40,9	34,5
Peso del agua W _w	9,2	10,3	12,5	11,9	13,4	12,7	17,3	14,6
Cont. Humedad $\omega\%$	34,20	33,99	36,66	36,62	40,00	38,60	42,30	42,32
Cont. Humedad promedio ω^0	34,10		36,64		39,30		42,31	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr)	1,099		1,166		1,182		1,116	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p style="text-align: center;">1,183 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p style="text-align: center;">38,5 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,183 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 38,5 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								



Parroquia: Pinllopata
 Vía: Pinllopata - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 714877 Y:9872955

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15435	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	33	36	39	42				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18923	19067	19182	19125				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3488	3632	3747	3690				
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,657	1,725	1,780	1,753				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	T31	T34	14	15	T10	T29	T14	T03
Peso del recipiente W_r	7,2	7,6	7,5	7,6	7,2	7,3	7,8	7,9
Rec+suelo humedo W_r+W_m	54,6	52,2	63,4	66,9	58,7	60,3	47,7	55,5
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	42,9	40,5	48,7	51,3	44,4	45,4	35,8	41,3
Peso solidos W_s	35,7	32,9	41,2	43,7	37,2	38,1	28	33,4
Peso del agua W_w	11,7	11,7	14,7	15,6	14,3	14,9	11,9	14,2
Cont. Humedad $\omega\%$	32,77	35,56	35,68	35,70	38,44	39,11	42,50	42,51
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	34,17		35,69		38,77		42,51	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,235		1,272		1,283		1,230	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p>1,286 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p>38,2 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,286 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 38,2 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715251 Y: 9872915

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15347	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	15	18	21	24				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18113	18175	18250	18180				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2766	2828	2903	2833				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,314	1,343	1,379	1,346				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	1	16	4	14	3	7	15	2
Peso del recipiente W _r	7,6	7,5	7,4	7,5	7,7	7,5	7,6	7,5
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	56,8	49,9	43,8	52,7	50,9	50	51,6	48,9
Rec+suelo seco W _s + W _m	50,4	44,5	38,6	46,5	44,4	43,6	42,1	44,4
Peso sólidos W _s	42,8	37	31,2	39	36,7	36,1	34,5	36,9
Peso del agua W _w	6,4	5,4	5,2	6,2	6,5	6,4	9,5	4,5
Cont. Humedad $\omega\%$	14,95	14,59	16,67	15,90	17,71	17,73	27,54	12,20
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	14,77		16,28		17,72		19,87	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,145		1,155		1,172		1,123	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p>1,167 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p>17 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,167 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 17 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715582 Y: 9872855

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15435	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	38	41	44	47				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18934	19125	19165	19149				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3499	3690	3730	3714				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,662	1,753	1,772	1,764				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	5	6	7	16	1	2	3	4
Peso del recipiente W_r	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,4
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	51,4	55,5	55,1	51,2	48,9	62,4	61	61,8
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	39,2	42,2	41,4	38,2	36,2	46,3	44,5	44,8
Peso sólidos W_s	31,6	34,8	33,9	30,7	28,7	38,8	36,9	37,4
Peso del agua W_w	12,2	13,3	13,7	13	12,7	16,1	16,5	17
Cont. Humedad $\omega\%$	38,61	38,22	40,41	42,35	44,25	41,49	44,72	45,45
Cont. Humedad promedio ω^0	38,41		41,38		42,87		45,08	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,201		1,240		1,240		1,216	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad Seca: 1,242 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad: 42 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,242 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 42 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 715846 Y: 9872675

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15435	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1		2		3		4	
Humedad inicial añadida en %	40		43		46		49	
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18850		19022		19050		19010	
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3415		3587		3615		3575	
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,622		1,704		1,717		1,698	
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	T03	T30	T31	T07	T34	T10	T29	T14
Peso del recipiente W _r	7,9	7,3	7,3	7,4	7,7	7,2	7,3	7,8
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	44,8	48,9	48,3	51,4	49	61,1	52,5	52,8
Rec+suelo seco W _s + W _m	34,4	36,6	36,1	38,3	36,3	44,7	37,9	38,4
Peso sólidos W _s	26,5	29,3	28,8	30,9	28,6	37,5	30,6	30,6
Peso del agua W _w	10,4	12,3	12,2	13,1	12,7	16,4	14,6	14,4
Cont. Humedad $\omega\%$	39,25	41,98	42,36	42,39	44,41	43,73	47,71	47,06
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	40,61		42,38		44,07		47,39	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,154		1,197		1,192		1,152	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p align="center">1,198 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p align="center">44 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,198 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 44 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X: 716017 Y: 9872731

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15347	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	11	14	17	20				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18245	18503	18864	18656				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2898	3156	3517	3309				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,377	1,499	1,671	1,572				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	20	24	18	19	23	22	17	21
Peso del recipiente W _r	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5	7,3	7,6
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	52,1	58,8	60,5	64,6	66,8	74,3	62,1	66,3
Rec+suelo seco W _s + W _m	47,4	53,8	54,1	58	58,8	65,4	53,2	56,6
Peso sólidos W _s	39,8	46,2	46,5	50,6	51,3	57,9	45,9	49
Peso del agua W _w	4,7	5	6,4	6,6	8	8,9	8,9	9,7
Cont. Humedad $\omega\%$	11,81	10,82	13,76	13,04	15,59	15,37	19,39	19,80
Cont. Humedad promedio ω^0		11,32		13,40		15,48		19,59
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)		1,237		1,322		1,447		1,314
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p> <p>El gráfico muestra la relación entre el contenido de humedad (eje X) y el peso volumétrico seco (eje Y). La curva es parabólica y se abre hacia abajo. El punto de máxima densidad seca está etiquetado con una línea que apunta a la cima de la curva, indicando un contenido de humedad de 16% y una densidad de 1,423 gr/cm³.</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p>1,423 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p>16 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,423 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	16647	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³			
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180						
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000			6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Numero	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	7	11	15	19					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19567	19847	20035	19873					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2920	3200	3388	3226					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,387	1,520	1,610	1,533					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente numero	2	3	4	5	20	25	27	33	
Peso del recipiente W _r	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3	25,2	25,1	
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	130,9	127,4	124,4	125,4	112,8	111,5	138,6	132,1	
Rec+suelo seco W _s + W _m	123,3	120	114,1	114,6	100,7	99,3	119,4	114	
Peso sólidos W _s	98,2	93,1	88,4	90,4	76,1	75	94,2	88,9	
Peso del agua W _w	7,6	7,4	10,3	10,8	12,1	12,2	19,2	18,1	
Cont. Humedad $\omega\%$	7,74	7,95	11,65	11,95	15,90	16,27	20,38	20,36	
Cont. Humedad promedio ω^0	7,84		11,80		16,08		20,37		
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,286		1,360		1,387		1,273		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p align="center">RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p align="center">1,386 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p align="center">14 %</p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,386 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>									



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:715894 Y: 9872175

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES						
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15435	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2105	cm ³
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

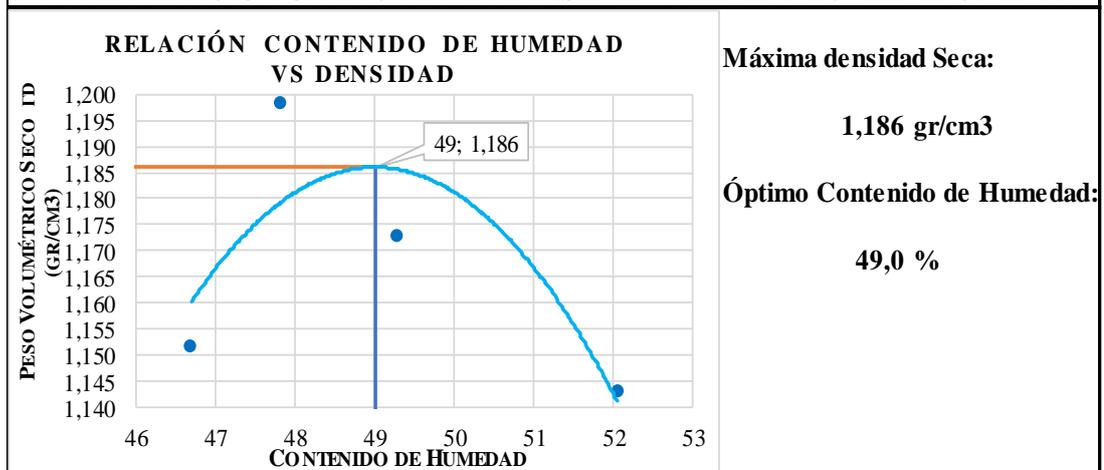
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	45	47	49	51
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18992	19164	19121	19094
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3557	3729	3686	3659
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,690	1,771	1,751	1,738

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	2	3	18	24	15	1	23	14
Peso del recipiente W_r	7,4	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,5	7,5
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	41,7	47,7	55,2	55,2	63,2	54,7	60,9	54
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	30,9	34,8	39,9	39,7	44,9	39,1	42,6	38,1
Peso sólidos W_s	23,5	27,2	32,3	32,1	37,3	31,5	35,1	30,6
Peso del agua W_w	10,8	12,9	15,3	15,5	18,3	15,6	18,3	15,9
Cont. Humedad $\omega\%$	45,96	47,43	47,37	48,29	49,06	49,52	52,14	51,96
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	46,69		47,83		49,29		52,05	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,152		1,198		1,173		1,143	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,186 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 49 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.



Parroquia: Pinlopatá
 Vía: Pinlopatá - El Corazón
 Profundidad: 1,20 m
 Fecha: 19 - Nov - 2019
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabaja
 Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
 Coordenadas: X:714603 Y: 9872988

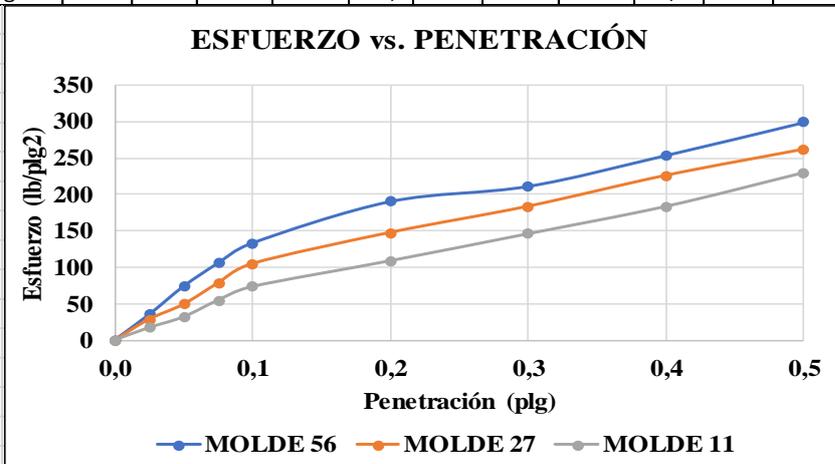
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13735	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2292	cm ³		
Energía de Compactación		Normas	AASHTO T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	18	21	24	27				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	17040	17217	17322	17226				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3305	3482	3587	3491				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,442	1,519	1,565	1,523				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	2	3	18	24	15	1	23	14
Peso del recipiente W_r	26,1	23,8	30,5	30,7	7,5	7,4	30,9	30,1
Rec+suelo húmedo W_r+W_m	86,8	97	84,8	81,1	59,4	55,3	84,1	79,5
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	66,2	72,8	66,1	63,7	40,6	38,3	65,3	60,2
Peso sólidos W_s	40,1	49	35,6	33	33,1	30,9	34,4	30,1
Peso del agua W_w	20,6	24,2	18,7	17,4	18,8	17	18,8	19,3
Cont. Humedad $\omega\%$	48,20	46,80	51,23	51,37	49,10	49,90	49,90	51,10
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	47,50		51,30		49,50		50,45	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	0,978		1,004		1,047		1,012	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p> <p>El gráfico muestra la relación entre el contenido de humedad (eje X) y el peso volumétrico seco (eje Y). La curva es parabólica y se abre hacia abajo. El punto de máxima densidad seca está etiquetado con un círculo azul y una línea que apunta a los valores 49,6 y 1,037.</p>					<p>Máxima densidad Seca:</p> <p>1,037 gr/cm³</p> <p>Óptimo Contenido de Humedad:</p> <p>49,6 %</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,037 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 49,6 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

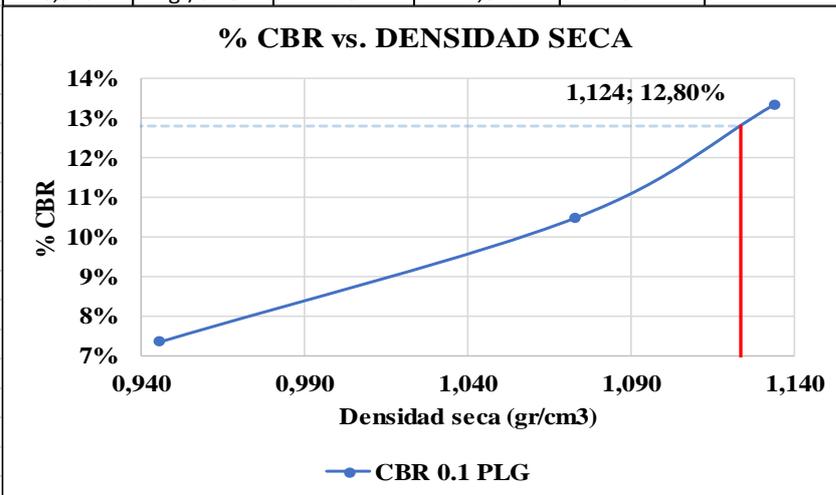
ANEXO 13: ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Parroquia: Pinlopatá		Proyecto: Tesis de Grado					
Vía: Pinlopatá - El Corazón		Normas: AASHTO T 88 2013					
Profundidad: 1,20 m		Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo					
Fecha: 19 - Nov - 2019		Revisado Por: Ing. Marisol Bayas					
Muestra: 1		Coordenadas: X: 714568 Y:9873153					
ENSAYO CBR							
Molde #		1		2		3	
# de Capas		5		5		5	
# de Golpes		56		27		11	
		Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)		10175	10863	9835	10647	9241	10145
Peso del Molde (gr)		6574	6574	6435	6435	6243	6243
Peso de la Muestra Húmeda (gr)		3601	4289	3400	4212	2998	3902
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)		2264,61	2264,61	2268,33	2268,33	2253,34	2253,34
Densidad Húmeda (gr/cm3)		1,590	1,894	1,499	1,857	1,330	1,732
Densidad Seca (gr/cm3)		1,134	1,296	1,073	1,237	0,946	1,122
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)		1,215		1,155		1,034	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Número de Recipiente		25	2	72	43	45	19
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)		123,4	121,4	136,8	125,4	125,7	131,4
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)		95,4	93,2	107,1	96,2	97,3	99,8
Peso del Agua (gr)		28	28,2	29,7	29,2	28,4	31,6
Peso del Recipiente (gr)		24,8	24	31,3	23,6	26,7	23,1
Peso de Muestra Seca (gr)		70,6	69,2	75,8	72,6	70,6	76,7
Contenido de humedad (%)		39,66	40,75	39,18	40,22	40,23	41,20
Contenido de Humedad Promedio		40,21		39,70		40,71	
Agua Absorbida (%)		19,11%		23,88%		30,15%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN							
Número de Recipiente		42	27	20	16	11	47
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)		140,3	139,4	136,2	141,1	170,1	152,1
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)		105,2	104,2	98,7	102,4	119,4	116,2
Peso del Agua (gr)		35,1	35,2	37,5	38,7	50,7	35,9
Peso del Recipiente (gr)		31,7	25,2	24,7	24,2	30,8	46,4
Peso de Muestra Seca (gr)		73,5	79	74	78,2	88,6	69,8
Contenido de humedad (%)		47,76	44,56	50,68	49,49	57,22	51,43
Contenido de Humedad Promedio		46,16		50,08		54,33	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número														
Tiempo		Penet " 10-3	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR
Min	Seg			Leida	Correg			Leida	Correg			Leida	Correg	
				lb/plg2		%		lb/plg2		%		lb/plg2		%
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	105,2	35,1			85,4	28,5			51,2	17,1		
1	0	50	221,5	73,8			147,3	49,1			95,4	31,8		
1	30	75	317,4	105,8			234,6	78,2			164,2	54,7		
2	0	100	400,5	133,5	133,5	13,35	314,3	104,8	104,8	10,48	220,3	73,4	73,4	7,34
3	0	150	480,6	148,1			406,3	120,7			270,9	90,4		
4	0	200	571,6	190,5			471,3	147,5			326,3	108,8		
5	0	250	605,8	209,5			510,6	150,6			390,4	130,6		
6	0	300	634,2	211,4			550,1	183,4			437,5	145,8		
8	0	400	761,8	253,9			677,1	225,7			550,3	183,4		
10	0	500	897,8	299,3			784,6	261,5			689,1	229,7		
CBR corregido						13,4				10,48				7,34



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,134	gr/cm3	Vs	13,35	%
1,073	gr/cm3	Vs	10,48	%
0,946	gr/cm3	Vs	7,34	%



Densidad Máxima	1,183	gr/cm3
95% de DM	1,124	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	12,8	%



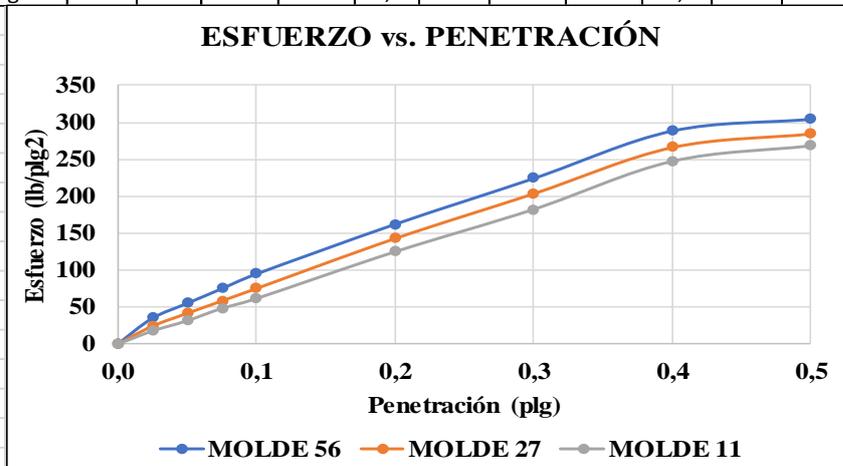
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



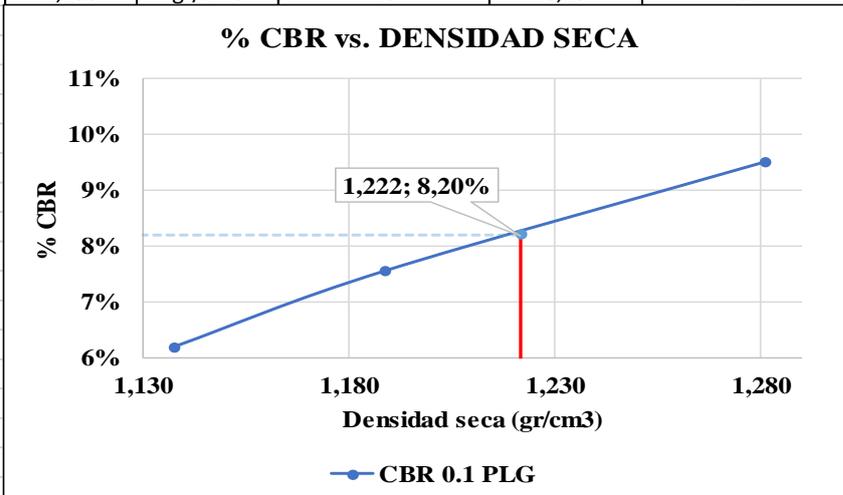
Parroquia: Pinllopata	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinllopata - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 2	Coordenadas: X: 714877 Y:9872955

ENSAYO CBR						
Molde #	1		2		3	
# de Capas	5		5		5	
# de Golpes	56		27		11	
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11542	11934	11341	11800	11042	11599
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3997	4389	3713	4172	3559	4116
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,774	1,948	1,649	1,853	1,580	1,828
Densidad Seca (gr/cm3)	1,281	1,344	1,189	1,259	1,138	1,230
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,312		1,224		1,184	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Número de Recipiente	2	3	4	5	20	25
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	120,5	134,2	105,7	114,3	125,8	122,3
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	94,2	104,2	83,2	89,3	97,6	94,7
Peso del Agua (gr)	26,3	30	22,5	25	28,2	27,6
Peso del Recipiente (gr)	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3
Peso de Muestra Seca (gr)	69,1	77,3	57,5	65,1	73	70,4
Contenido de humedad (%)	38,06	38,81	39,13	38,40	38,63	39,20
Contenido de Humedad Promedio	38,44		38,77		38,92	
Agua Absorbida (%)	9,81%		12,36%		15,65%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN						
Número de Recipiente	12	24	18	19	23	22
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	107	99,8	114,8	125,8	133,4	141,3
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	76,3	71,2	80,1	88,2	92,1	97,7
Peso del Agua (gr)	30,9	28,6	34,7	37,6	41,3	43,6
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	68,7	63,6	72,5	80,8	84,6	90,2
Contenido de humedad (%)	44,98	44,97	47,86	46,53	48,82	48,34
Contenido de Humedad Promedio	44,97		47,20		48,58	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número		1					2					3		
Tiempo		Penet " 10-3	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR
Min	Seg			Leida	Correg			Leida	Correg			Leida	Correg	
				lb/plg2	%			lb/plg2	%			lb/plg2	%	
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	105,2	35,1			73,2	24,4			53,6	17,9		
1	0	50	165,7	55,2			125,2	41,7			95,2	31,7		
1	30	75	225,2	75,1			175,6	58,5			145,3	48,4		
2	0	100	285,2	95,1	95,1	9,51	226,2	75,4	75,4	7,54	185,3	61,8	61,8	6,18
3	0	150	340,3	100,3			315,6	99,4			230,6	100,6		
4	0	200	487,3	162,4			429,3	143,1			375,2	125,1		
5	0	250	560,7	200,4			560,3	196,3			450,3	130,6		
6	0	300	673,5	224,5			611,4	203,8			547,3	182,4		
8	0	400	866,5	288,8			799,2	266,4			742,3	247,4		
10	0	500	914,2	304,7			854,3	284,8			805,2	268,4		
CBR corregido						9,51				7,54				6,18



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,281	gr/cm3	Vs	9,51	%
1,189	gr/cm3	Vs	7,54	%
1,138	gr/cm3	Vs	6,18	%



Densidad Máxima	1,286	gr/cm3
95% de DM	1,222	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	8,2	%



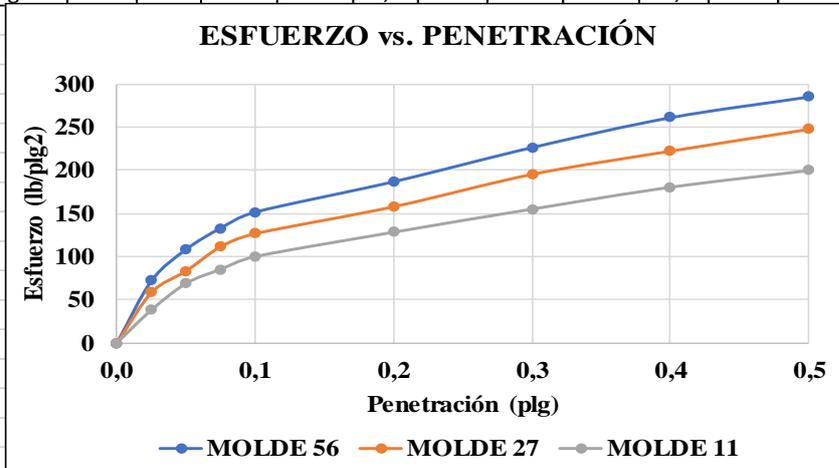
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



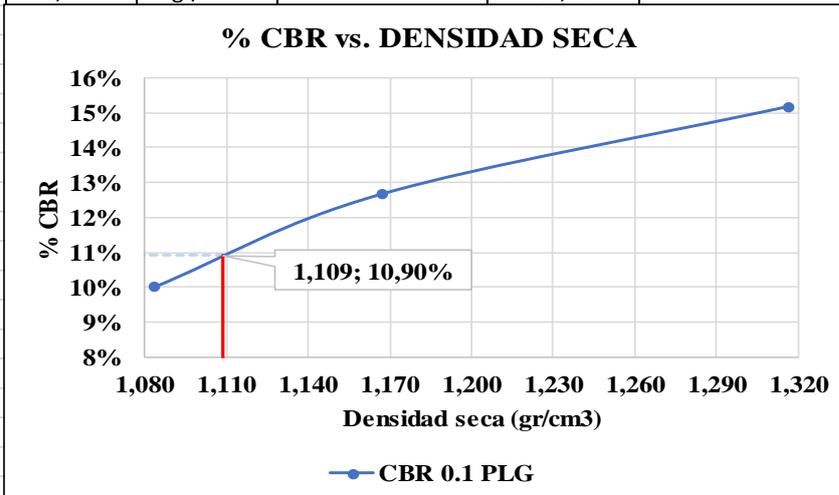
Parroquia: Pinllopata	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinllopata - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 3	Coordenadas: X: 715251 Y: 9872915

ENSAYO CBR							
Molde #	1		2		3		
# de Capas	5		5		5		
# de Golpes	56		27		11		
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11002	11241	10700	11201	10335	10985	
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483	
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3457	3696	3072	3573	2852	3502	
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16	
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,534	1,640	1,365	1,587	1,266	1,555	
Densidad Seca (gr/cm3)	1,316	1,365	1,167	1,283	1,083	1,251	
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,341		1,225		1,167		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Número de Recipiente	T03	T30	T31	T07	T34	T10	
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	127,2	121,4	108,2	110,6	136,2	136,4	
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	114,2	109,2	97,8	100,1	121,5	123,4	
Peso del Agua (gr)	13	12,2	10,4	10,5	14,7	13	
Peso del Recipiente (gr)	34,4	36,6	36,1	38,3	36,3	44,7	
Peso de Muestra Seca (gr)	79,8	72,6	61,7	61,8	85,2	78,7	
Contenido de humedad (%)	16,29	16,80	16,86	16,99	17,25	16,52	
Contenido de Humedad Promedio	16,55		16,92		16,89		
Agua Absorbida (%)	6,91%		16,31%		22,79%		
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN							
Número de Recipiente	1	2	5	6	7	16	
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	128,5	114,2	133,2	127,3	100,2	111,7	
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	108,2	96,3	109,2	104,2	82,2	91,2	
Peso del Agua (gr)	20,3	17,9	24	23,1	18	20,5	
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	
Peso de Muestra Seca (gr)	100,6	88,9	101,7	96,7	74,7	83,7	
Contenido de humedad (%)	20,18	20,13	23,60	23,89	24,10	24,49	
Contenido de Humedad Promedio	20,16		23,74		24,29		

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet " 10-3	Q lect Dial	Presiones		CBR %	Q lect Dial	Presiones		CBR %	Q lect Dial	Presiones		CBR %
Min	Seg			Leida	Correg			Leida	Correg			Leida	Correg	
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	216,4	72,1			175,2	58,4			114,8	38,3		
1	0	50	325,4	108,5			250,2	83,4			206,8	68,9		
1	30	75	399,5	133,2			335,2	111,7			255,9	85,3		
2	0	100	455,1	151,7	151,7	15,17	380,2	126,7	126,7	12,67	300,2	100,1	100,1	10,01
3	0	150	510,3	167,6			420,6	140,3			334,1	111,3		
4	0	200	561,2	187,1			474,3	158,1			385,2	128,4		
5	0	250	603,6	200,5			509,4	179,1			415,3	139,1		
6	0	300	680,2	226,7			587,2	195,7			465,8	155,3		
8	0	400	784,2	261,4			668,2	222,7			541,9	180,6		
10	0	500	856,4	285,5			744,2	248,1			600,2	200,1		
CBR corregido						15,17				12,67				10,01



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,316	gr/cm3	Vs	15,17	%
1,167	gr/cm3	Vs	12,67	%
1,083	gr/cm3	Vs	10,01	%



Densidad Máxima	1,167	gr/cm3
95% de DM	1,109	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	10,9	%



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



Parroquia: Pinlopatá	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinlopatá - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 4	Coordenadas: X:715582 Y: 9872855

ENSAYO CBR

Molde #	1		2		3	
# de Capas	5		5		5	
# de Golpes	56		27		11	
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11555	12031	11400	11945	11132	11724
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	4010	4486	3772	4317	3649	4241
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,780	1,991	1,676	1,918	1,620	1,883
Densidad Seca (gr/cm3)	1,244	1,356	1,179	1,294	1,138	1,249
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,300		1,237		1,193	

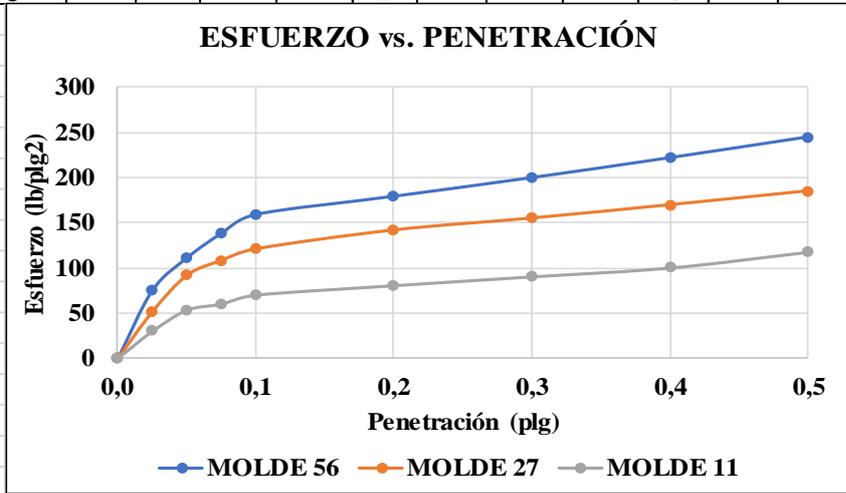
CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Recipiente	2	3	4	5	20	25
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	141,3	127,4	104,2	114,8	134,5	120,3
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	106,1	97,4	81,1	87,8	101,8	91,7
Peso del Agua (gr)	35,2	30	23,1	27	32,7	28,6
Peso del Recipiente (gr)	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3
Peso de Muestra Seca (gr)	81	70,5	55,4	63,6	77,2	67,4
Contenido de humedad (%)	43,46	42,55	41,70	42,45	42,36	42,43
Contenido de Humedad Promedio	43,00		42,07		42,40	
Agua Absorbida (%)	11,87%		14,45%		16,22%	

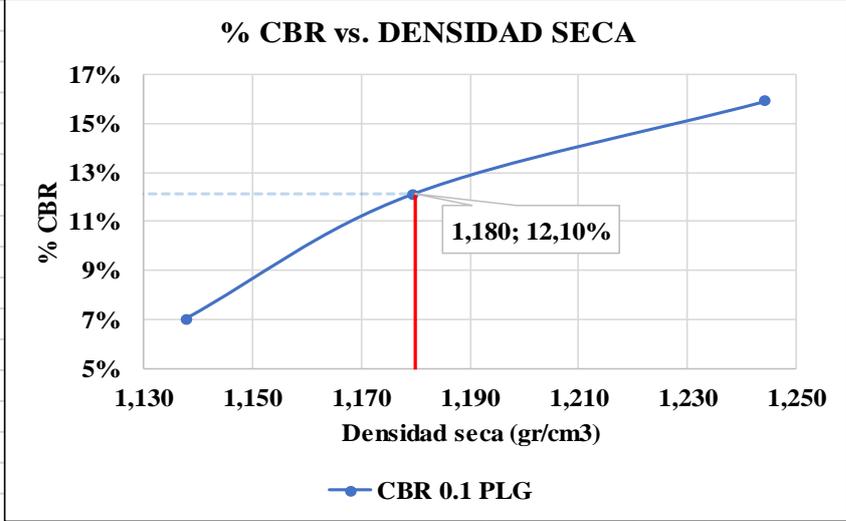
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN

Número de Recipiente	12	24	18	19	23	22
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	107,4	111,4	125,7	131,2	118,3	123,5
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	75,8	78,1	86,9	91,4	81,2	84,2
Peso del Agua (gr)	31,6	33,3	38,8	39,8	37,1	39,3
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	68,2	70,5	79,3	84	73,7	76,7
Contenido de humedad (%)	46,33	47,23	48,93	47,38	50,34	51,24
Contenido de Humedad Promedio	46,78		48,15		50,79	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR
Min	Seg	" 10-3	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	225,8	75,3			155,4	51,8			90,2	30,1		
1	0	50	333,7	111,2			275,4	91,8			160,2	53,4		
1	30	75	415,2	138,4			325,1	108,4			180,4	60,1		
2	0	100	477,8	159,3	159,3	15,93	363,2	121,1	121,1	12,11	210,2	70,1	70,1	7,01
3	0	150	510,3	160,3			395,3	131,2			220,4	75,3		
4	0	200	538,2	179,4			425,7	141,9			241,6	80,5		
5	0	250	600,2	195,3			430,6	148,3			250,6	85,1		
6	0	300	630,3	200,1			465,2	155,1			270,9	90,3		
8	0	400	666,3	222,1			509,2	169,7			300,2	100,1		
10	0	500	735,2	245,1			555,2	185,1			352,3	117,4		
CBR corregido						15,93				12,11				7,01



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,244	gr/cm3	Vs	15,93	%
1,179	gr/cm3	Vs	12,11	%
1,138	gr/cm3	Vs	7,01	%



Densidad Máxima	1,242	gr/cm3
95% de DM	1,180	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	12,1	%



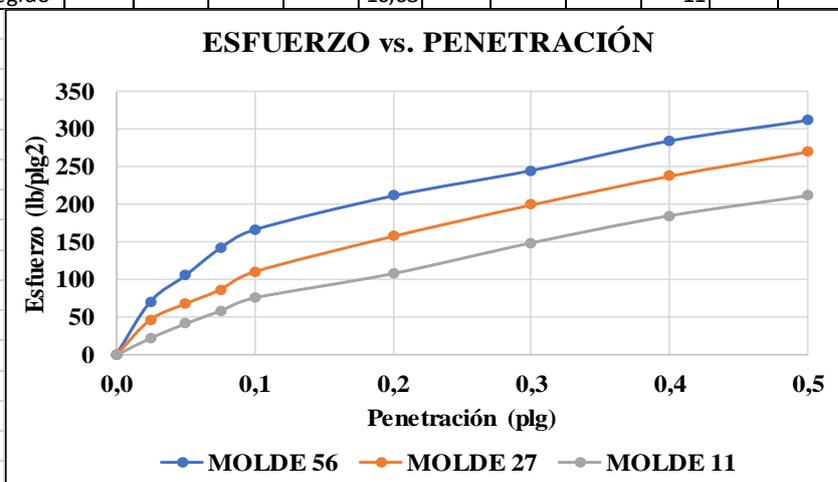
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



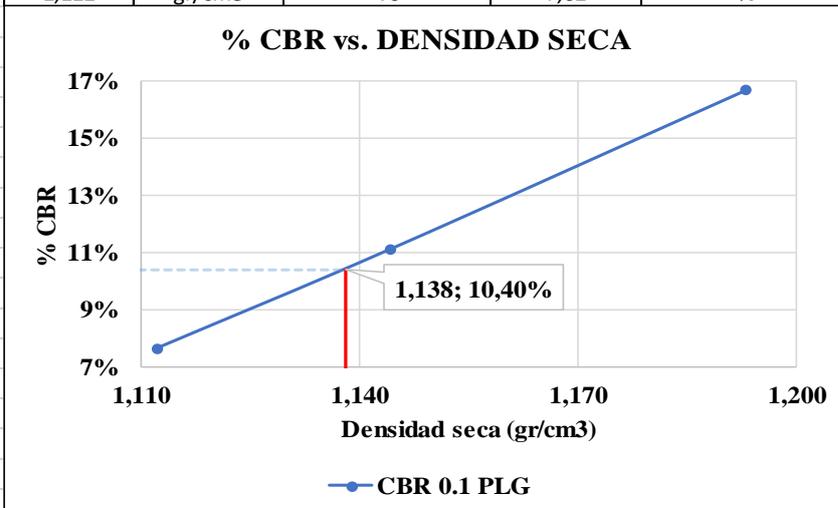
Parroquia: Pinllopata	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinllopata - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 5	Coordenadas: X: 715846 Y: 9872675

ENSAYO CBR						
Molde #	1		2		3	
# de Capas	5		5		5	
# de Golpes	56		27		11	
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11401	11906	11313	11899	11084	11700
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3856	4361	3685	4271	3601	4217
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,711	1,935	1,637	1,897	1,599	1,872
Densidad Seca (gr/cm3)	1,193	1,277	1,144	1,230	1,112	1,198
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,235		1,187		1,155	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Número de Recipiente	T03	T30	T31	T07	T34	T10
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	135,2	141,2	125,4	132,7	140,2	138,2
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	104,8	109,4	98,6	104,2	108,5	109,8
Peso del Agua (gr)	30,4	31,8	26,8	28,5	31,7	28,4
Peso del Recipiente (gr)	34,4	36,6	36,1	38,3	36,3	44,7
Peso de Muestra Seca (gr)	70,4	72,8	62,5	65,9	72,2	65,1
Contenido de humedad (%)	43,18	43,68	42,88	43,25	43,91	43,63
Contenido de Humedad Promedio	43,43		43,06		43,77	
Agua Absorbida (%)	13,10%		15,90%		17,11%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN						
Número de Recipiente	1	2	5	6	7	16
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	141,2	142,8	123,4	120,1	134,2	139,2
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	95,8	96,7	82,4	80,7	88,2	92,1
Peso del Agua (gr)	45,4	46,1	41	39,4	46	47,1
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	88,2	89,3	74,9	73,2	80,7	84,6
Contenido de humedad (%)	51,47	51,62	54,74	53,83	57,00	55,67
Contenido de Humedad Promedio	51,55		54,28		56,34	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR
Min	Seg	" 10-3	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%
				lb/plg2				lb/plg2				lb/plg2		
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	214,3	71,4			142,2	47,4			68,2	22,7		
1	0	50	317,2	105,7			205,2	68,4			125,2	41,7		
1	30	75	425,2	141,7			260,3	86,8			175,4	58,5		
2	0	100	500,3	166,8	166,8	16,68	333,1	111	111	11	228,6	76,2	76,2	7,62
3	0	150	586,3	190,5			398,3	129,4			286,1	84,3		
4	0	200	635,2	211,7			474,2	158,1			325,1	108,4		
5	0	250	690,3	230,2			550,5	170,6			410,6	129,1		
6	0	300	736,2	245,4			599,3	199,8			447,2	149,1		
8	0	400	854,2	284,7			714,2	238,1			555,4	185,1		
10	0	500	936,2	312,1			811,2	270,4			635,4	211,8		
CBR corregido						16,68				11				7,62



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,193	gr/cm3	Vs	16,68	%
1,144	gr/cm3	Vs	11	%
1,112	gr/cm3	Vs	7,62	%



Densidad Máxima	1,198	gr/cm3
95% de DM	1,138	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	10,4	%



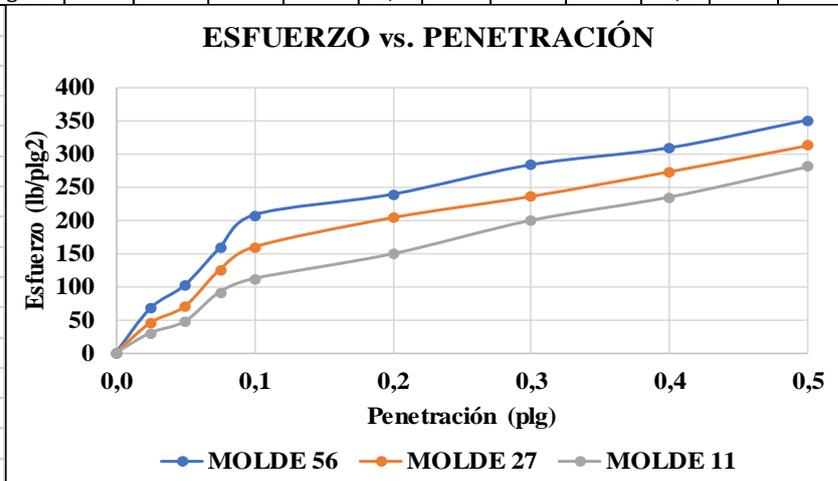
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



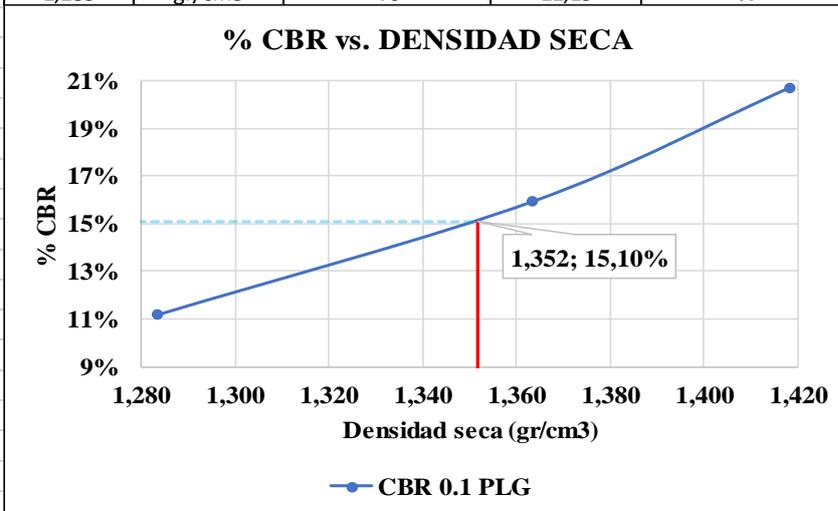
Parroquia: Pinllopata	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinllopata - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 6	Coordenadas: X: 716017 Y: 9872731

ENSAYO CBR						
Molde #	1	2	3			
# de Capas	5	5	5			
# de Golpes	56	27	11			
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11284	11478	11186	11496	10842	11300
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3739	3933	3558	3868	3359	3817
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,659	1,745	1,581	1,718	1,491	1,695
Densidad Seca (gr/cm3)	1,418	1,441	1,364	1,389	1,283	1,346
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,429		1,376		1,314	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Número de Recipiente	2	3	4	5	20	25
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	145,2	143,3	135,4	98,6	110,3	111,3
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	128,4	125,8	120,3	88,4	98,2	99,3
Peso del Agua (gr)	16,8	17,5	15,1	10,2	12,1	12
Peso del Recipiente (gr)	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3
Peso de Muestra Seca (gr)	103,3	98,9	94,6	64,2	73,6	75
Contenido de humedad (%)	16,26	17,69	15,96	15,89	16,44	16,00
Contenido de Humedad Promedio	16,98		15,92		16,22	
Agua Absorbida (%)	5,19%		8,71%		13,64%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN						
Número de Recipiente	12	24	18	19	23	22
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	96,8	90,7	93,4	97,6	94,5	95,2
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	81,2	76,2	77,1	80,2	76,9	76,8
Peso del Agua (gr)	15,6	14,5	16,3	17,4	17,6	18,4
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	73,6	68,6	69,5	72,8	69,4	69,3
Contenido de humedad (%)	21,20	21,14	23,45	23,90	25,36	26,55
Contenido de Humedad Promedio	21,17		23,68		25,96	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet " 10-3	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR	Q lect Dial	Presiones		CBR
Min	Seg			Leida	Correg			Leida	Correg			Leida	Correg	
				lb/plg2	%			lb/plg2	%			lb/plg2	%	
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	200,4	66,8			135,2	45,1			89,6	29,9		
1	0	50	305,4	101,8			210,3	70,1			142,3	47,4		
1	30	75	472,3	157,4			374,1	124,7			274,3	91,4		
2	0	100	621,5	207,2	207,2	20,72	478,2	159,4	159,4	15,94	335,6	111,9	111,9	11,19
3	0	150	687,3	224,9			560,3	180,3			400,3	124,3		
4	0	200	714,2	238,1			610,3	203,4			447,2	149,1		
5	0	250	800,3	250,6			672,1	223,6			500,6	150,9		
6	0	300	847,2	282,4			706,3	235,4			598,1	199,4		
8	0	400	923,5	307,8			817,4	272,5			703,5	234,5		
10	0	500	1048,2	349,4			935,4	311,8			840,2	280,1		
CBR corregido						20,72				15,94				11,19



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,418	gr/cm3	Vs	20,72	%
1,364	gr/cm3	Vs	15,94	%
1,283	gr/cm3	Vs	11,19	%



Densidad Máxima	1,423	gr/cm3
95% de DM	1,352	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	15,1	%



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



Parroquia: Pinllopata	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinllopata - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 7	Coordenadas: X:716158 Y: 9872366

ENSAYO CBR

Molde #	1		2		3	
# de Capas	5		5		5	
# de Golpes	56		27		11	
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11334	11578	11306	11385	10714	11147
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3789	4033	3408	3757	3231	3664
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,682	1,790	1,514	1,669	1,435	1,627
Densidad Seca (gr/cm3)	1,480	1,527	1,318	1,384	1,259	1,322
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,504		1,351		1,290	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Recipiente	T03	T30	T31	T07	T34	T10
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	100,5	114,2	121,3	120,9	108,4	107,9
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	92,4	105,1	110,3	110,2	99,4	100,3
Peso del Agua (gr)	8,1	9,1	11	10,7	9	7,6
Peso del Recipiente (gr)	34,4	36,6	36,1	38,3	36,3	44,7
Peso de Muestra Seca (gr)	58	68,5	74,2	71,9	63,1	55,6
Contenido de humedad (%)	13,97	13,28	14,82	14,88	14,26	13,67
Contenido de Humedad Promedio	13,63		14,85		13,97	
Agua Absorbida (%)	6,44%		2,32%		13,40%	

CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN

Número de Recipiente	1	2	5	6	7	16
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	114,2	108,7	132,6	137,4	98,8	110,1
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	98,2	94,2	111,2	115,2	81,8	90,7
Peso del Agua (gr)	16	14,5	21,4	22,2	17	19,4
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	90,6	86,8	103,7	107,7	74,3	83,2
Contenido de humedad (%)	17,66	16,71	20,64	20,61	22,88	23,32
Contenido de Humedad Promedio	17,18		20,62		23,10	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR
Min	Seg	" 10-3	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	198,4	66,1			125,2	41,7			87,2	29,1		
1	0	50	247,2	82,4			185,4	61,8			118,2	39,4		
1	30	75	300,4	100,1			245,2	81,7			168,2	56,1		
2	0	100	345,2	115,1	115,1	11,51	276,8	92,3	92,3	9,23	200,6	66,9	66,9	6,69
3	0	150	360,3	120,6			294,3	99,2			239,3	70,6		
4	0	200	383,4	127,8			314,2	104,7			258,2	86,1		
5	0	250	400,6	136,9			350,8	120,6			296,1	99,6		
6	0	300	445,2	148,4			394,2	131,4			326,2	108,7		
8	0	400	565,4	188,5			487,1	162,4			399,4	133,1		
10	0	500	735,2	245,1			600,2	200,1			506,7	168,9		
CBR corregido						11,51				9,23				6,69

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN

Penetración (plg)	MOLDE 56 (lb/plg2)	MOLDE 27 (lb/plg2)	MOLDE 11 (lb/plg2)
0,0	0	0	0
0,05	66,1	82,4	100,1
0,1	115,1	115,1	115,1
0,2	127,8	127,8	127,8
0,3	136,9	136,9	136,9
0,4	148,4	148,4	148,4
0,5	188,5	188,5	188,5

Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,480	gr/cm3	Vs	11,51	%
1,318	gr/cm3	Vs	9,23	%
1,259	gr/cm3	Vs	6,69	%

% CBR vs. DENSIDAD SECA

Densidad seca (gr/cm3)	% CBR
1,250	6,69
1,317	9,20
1,386	11,51

Densidad Máxima	1,386	gr/cm3
95% de DM	1,317	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	9,2	%



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



Parroquia: Pinlopatá	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinlopatá - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 8	Coordenadas: X:715894 Y: 9872175

ENSAYO CBR						
Molde #	1	2	3			
# de Capas	5	5	5			
# de Golpes	56	27	11			
	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	11364	11674	11185	11586	10624	11232
Peso del Molde (gr)	7545	7545	7628	7628	7483	7483
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3819	4129	3557	3958	3141	3749
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm3)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1,695	1,832	1,580	1,758	1,395	1,665
Densidad Seca (gr/cm3)	1,144	1,209	1,056	1,148	0,939	1,064
Densidad Seca Promedio (gr/cm3)	1,177		1,102		1,001	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Número de Recipiente	2	3	4	5	20	25
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	126,4	129,7	131,4	135,4	140,3	158,2
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	93,5	96,3	96,2	98,7	102,3	114,6
Peso del Agua (gr)	32,9	33,4	35,2	36,7	38	43,6
Peso del Recipiente (gr)	25,1	26,9	25,7	24,2	24,6	24,3
Peso de Muestra Seca (gr)	68,4	69,4	70,5	74,5	77,7	90,3
Contenido de humedad (%)	48,10	48,13	49,93	49,26	48,91	48,28
Contenido de Humedad Promedio	48,11		49,60		48,59	
Agua Absorbida (%)	8,12%		11,27%		19,36%	
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN						
Número de Recipiente	12	24	18	19	23	22
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	154,3	152,4	159,1	157,2	163,4	174,3
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	104,2	103,3	106,2	105,5	107,4	113,8
Peso del Agua (gr)	50,1	49,1	52,9	51,7	56	60,5
Peso del Recipiente (gr)	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5
Peso de Muestra Seca (gr)	96,6	95,7	98,6	98,1	99,9	106,3
Contenido de humedad (%)	51,86	51,31	53,65	52,70	56,06	56,91
Contenido de Humedad Promedio	51,58		53,18		56,49	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN													
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2													
Molde Número			1				2				3		
Tiempo		Penet	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones	
Min	Seg	" 10-3	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg
				lb/plg2				lb/plg2				lb/plg2	
		0	0	0			0	0			0	0	
0	30	25	149,5	49,8			111,8	37,3			70,5	23,5	
1	0	50	219,7	73,2			165,4	55,1			112,3	37,4	
1	30	75	284,3	94,8			207,8	69,3			141,5	47,2	
2	0	100	335,4	111,8	111,8	11,18	261,3	87,1	87,1	8,71	168,1	56	56
3	0	150	450,8	150,3			350,2	130,1			259,3	78,3	
4	0	200	597,2	199,1			488,2	162,7			279,3	93,1	
5	0	250	762,3	243,1			567,3	197,3			346,2	115,3	
6	0	300	834,2	278,1			657,1	219			387,2	129,1	
8	0	400	942,1	314			774,3	258,1			541,2	180,4	
10	0	500	1036,2	345,4			914,8	304,9			748,3	249,4	
CBR corregido						11,18				8,71			

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN

Penetración (plg)	MOLDE 56 (lb/plg2)	MOLDE 27 (lb/plg2)	MOLDE 11 (lb/plg2)
0,0	0	0	0
0,05	50	40	30
0,1	100	80	60
0,2	200	160	120
0,3	280	220	180
0,4	320	260	220
0,5	350	300	250

Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,144	gr/cm3	Vs	11,18	%
1,056	gr/cm3	Vs	8,71	%
0,939	gr/cm3	Vs	5,6	%

% CBR vs. DENSIDAD SECA

Densidad seca (gr/cm3)	% CBR
0,930	5,6
1,050	8,71
1,127	10,60
1,140	11,18

Densidad Máxima	1,186	gr/cm3
95% de DM	1,127	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	10,6	%



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



Parroquia: Pinlopatá	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: Pinlopatá - El Corazón	Normas: AASHTO T 193 2013
Profundidad: 1,20 m	Ensayado por: Max Bryan Martínez Carabajo
Fecha: 19 - Nov - 2019	Revisado Por: Ing. Marisol Bayas
Muestra: 9	Coordenadas: X:714603 Y: 9872988

ENSAYO CBR

Molde #	1		2		3	
# de Capas	5		5		5	
# de Golpes	56		27		11	
	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
Peso Muestra Húmeda + Molde (gr)	9711	10475	9475	10265	9148	9974
Peso del Molde (gr)	6574	6574	6435	6435	6243	6243
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3137	3901	3040	3830	2905	3731
Volúmen de la Muestra Húmeda (cm ³)	2253,34	2253,34	2250,99	2250,99	2252,16	2252,16
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1,392	1,731	1,351	1,701	1,290	1,657
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,032	1,246	1,010	1,189	0,967	1,087
Densidad Seca Promedio (gr/cm ³)	1,139		1,099		1,027	

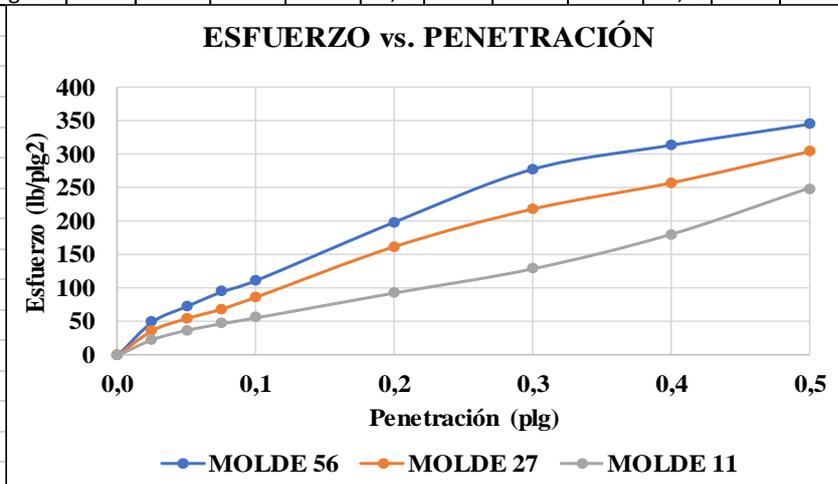
CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Recipiente	2	3	4	5	20	25
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	121,5	119,6	135,1	123,7	122,5	127,8
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	96,8	94,6	108,7	98,7	98,3	101,8
Peso del Agua (gr)	24,7	25	26,4	25	24,2	26
Peso del Recipiente (gr)	24,8	24	31,3	23,6	26,7	23,1
Peso de Muestra Seca (gr)	72	70,6	77,4	75,1	71,6	78,7
Contenido de humedad (%)	34,31	35,41	34,11	33,29	33,80	33,04
Contenido de Humedad Promedio	34,86		33,70		33,42	
Agua Absorbida (%)	24,35%		25,99%		28,43%	

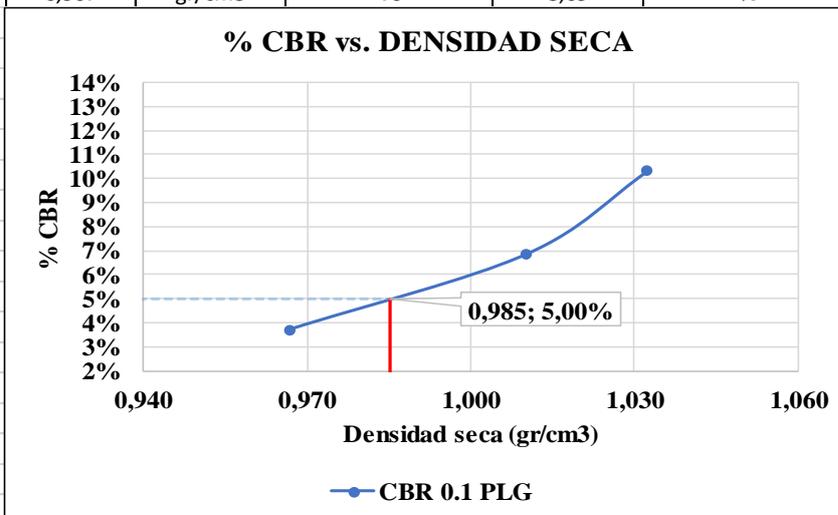
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DE LA SATURACIÓN

Número de Recipiente	12	24	18	19	23	22
Peso de Muestra Húmeda + Recipiente (gr)	134,7	136,9	136,4	138,6	167,6	155,2
Peso de Muestra Seca + Recipiente (gr)	105,2	106,3	101,6	105,3	117,6	120,3
Peso del Agua (gr)	29,5	30,6	34,8	33,3	50	34,9
Peso del Recipiente (gr)	31,7	25,2	24,7	24,2	30,8	46,4
Peso de Muestra Seca (gr)	73,5	81,1	76,9	81,1	86,8	73,9
Contenido de humedad (%)	40,14	37,73	45,25	41,06	57,60	47,23
Contenido de Humedad Promedio	38,93		43,16		52,41	

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN														
CONSTANTE DE CELDA 2,204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3Plgs2														
Molde Número			1				2				3			
Tiempo		Penet	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR	Q lect	Presiones		CBR
Min	Seg	" 10-3	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%	Dial	Leida	Correg	%
		0	0	0			0	0			0	0		
0	30	25	39,4	28,9			23,4	17,2			19,2	14,1		
1	0	50	77,6	57			44,4	32,6			31,6	23,2		
1	30	75	109,9	80,7			70,8	52			42,1	30,9		
2	0	100	140,3	103,1	103,1	10,31	93,1	68,4	68,4	6,84	50,2	36,9	36,9	3,69
3	0	150	201,6	148,1			126,8	93,2			66	48,5		
4	0	200	242,1	177,9			165,2	121,4			80,9	59,4		
5	0	250	285,2	209,5			189,4	139,1			92,4	67,9		
6	0	300	310,2	227,9			213,4	156,8			100,7	74		
8	0	400	350,2	257,3			254,7	187,1			115,6	84,9		
10	0	500	392,8	288,6			282,2	207,3			130,5	95,9		
CBR corregido						10,31				6,84				3,69



Densidades	Unidad	Vs	Resistencias	Unidad
1,032	gr/cm3	Vs	10,31	%
1,010	gr/cm3	Vs	6,84	%
0,967	gr/cm3	Vs	3,69	%



Densidad Máxima	1,037	gr/cm3
95% de DM	0,985	gr/cm3
% CBR 0,1 Plgs	5	%

ANEXO 14: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"					
RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO	Nº	1		
DESCRIPCIÓN:	PUNTOS DE REFERENCIA	UNIDAD:	KM		
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)				0,00	\$ 5,57
Prisma	1	\$ 2,00	\$ 2,00	16,00	\$ 32,00
Estación total	1	\$ 18,00	\$ 18,00	16,00	\$ 288,00
SUBTOTAL M					\$ 325,57
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon	1	3,6	\$ 3,60	10,64	\$ 38,30
Topografo 2 Exp. Mayor de 5 Años	1	4,04	\$ 4,04	10,64	\$ 42,99
Cadenero (Estruc. Ocup. D2)	2	3,65	\$ 7,30	10,64	\$ 77,67
SUBTOTAL N					\$ 158,96
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Pintura Esmalte	Ltr	1	\$ 5,00	\$ 5,00	
Estacas de madera	U	5	\$ 0,50	\$ 2,50	
Diana	U	5	\$ 12,00	\$ 60,00	
Clavos de 2"	Kg	0,5	\$ 2,80	\$ 1,40	
SUBTOTAL O					\$ 68,90
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					\$ -
Total costo directo (M+N+O+P)					\$ 553,43
Indirectos y Utilidades 20%					\$ 110,69
Otros %					\$ -
Costo total del rubro					\$ 664,12
VALOR OFERTADO					\$ 664,12
Son Seiscientos Sesenta y Cuatro Dolares Con Doce Centavos					
El Precio No Incluye IVA					
AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO					



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	DESBOSQUE, DESBROCE Y LIMPIEZA	Nº	2	HOJA	
DESCRIPCIÓN:	LIMPIEZA MANUAL DEL PERIMETRO DE LA VÍA	UNIDAD:	HA	2 DE 11	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 6,50
Excavadora de Orugas	1	\$ 45,00	\$ 45,00	6,670	\$ 300,15
Volqueta (8m3)	1	\$ 30,00	\$ 30,00	3,300	\$ 99,00
Equipo Topográfico (Drone)	1	\$ 1,00	\$ 1,00	3,30	\$ 3,30
SUBTOTAL M					\$ 408,95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra (Estruc. Ocup. C1)	1	\$ 4,05	\$ 4,05	6,67	\$ 27,01
Operador Retroexcavadora	1	\$ 4,04	\$ 4,04	6,67	\$ 26,95
Operador de Volqueta	1	\$ 5,29	\$ 5,29	6,67	\$ 35,28
Peón	4	\$ 3,60	\$ 14,40	3,30	\$ 47,52
SUBTOTAL N					\$ 136,76
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				\$ -	
SUBTOTAL O				\$ -	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				\$ -	
SUBTOTAL P				\$ -	
Total costo directo (M+N+O+P)					\$ 545,71
Indirectos y Utilidades 20%					\$ 109,14
Otros %					\$ -
Costo total del rubro					\$ 654,86
VALOR OFERTADO					\$ 654,86

Son Seiscientos Cincuenta y Cuatro Dolares Con Ochenta y Seis Centavos
El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR, INCLUYE DESALOJO DE HASTA 5 KM	Nº	3	HOJA
DESCRIPCIÓN:	PUNTOS DE REFERENCIA	UNIDAD:	KM	3 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,01
Excavadora de orugas	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,014	\$ 0,63
Tractor de orugas	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,014	\$ 0,63
Volqueta (12m3)	1	\$ 20,00	\$ 20,00	0,01	\$ 0,28
SUBTOTAL M					\$ 1,55

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon	1	\$ 3,60	\$ 3,60	0,01	\$ 0,04
Op. Excavadora Oruga	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,01	\$ 0,04
Operador de tractor de oruga	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,01	\$ 0,04
Chofer profesional	1	\$ 5,29	\$ 5,29	0,01	\$ 0,05
Residente de Obra	1	\$ 4,05	\$ 4,05	0,01	\$ 0,04
SUBTOTAL N					\$ 0,21

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
				\$ -
SUBTOTAL O				\$ -

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
				\$ -
SUBTOTAL P				\$ -

	Total costo directo (M+N+O+P)	\$ 1,76
	Indirectos y Utilidades 20%	\$ 0,35
	Otros %	\$ -
	Costo total del rubro	\$ 2,11
	VALOR OFERTADO	\$ 2,11

Son Dos Dolar Con Once Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO: ESCOMBRERA DEL SECTOR N° 4 HOJA

DESCRIPCIÓN: COMPACTACIÓN UNIDAD: m³ 4 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)	1				\$ 0,01
Excavadora de orugas	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,01	\$ 0,45
Tractor de orugas	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,01	\$ 0,45
SUBTOTAL M					0,91

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Oper. de Excavadora de oruga	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,01	\$ 0,04
Operador de tractor de oruga	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,01	\$ 0,04
Peón	1	\$ 3,60	\$ 3,60	0,01	\$ 0,04
SUBTOTAL N					0,12

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Pintura Esmalte				\$ -
SUBTOTAL O				\$ -

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0

Total costo directo (M+N+O+P)				1,03
Indirectos y Utilidades			20%	\$ 0,21
Otros %				\$ -
Costo total del rubro				\$ 1,23
VALOR OFERTADO				\$ 1,23

Son Un Dolar Con Veintitres Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	RELLENO NATURAL COMPACTADO	Nº	5	HOJA
--------	----------------------------	----	---	------

DESCRIPCIÓN:	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	UNIDAD:	m ³	5 DE 11
--------------	---------------------------	---------	----------------	---------

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,01
Volqueta	1	\$ 30,00	\$ 30,00	0,03	\$ 0,90
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,03	\$ 1,20
SUBTOTAL M					\$ 2,11

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador de Cargadora Frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,03	\$ 0,12
Chofer Profesional de Volqueta	1	\$ 5,29	\$ 5,29	0,03	\$ 0,16
SUBTOTAL N					\$ 0,28

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Material de Relleno	m ³	1	\$ -	\$ -
SUBTOTAL O				\$ -

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

Total costo directo (M+N+O+P)				\$ 2,39
Indirectos y Utilidades				20%
				\$ 0,48
Otros %				\$ -
Costo total del rubro				\$ 2,87
VALOR OFERTADO				\$ 2,87

Son Dos Dolares Con Ochenta y Siete Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	SUB-BASE CLASE 3	Nº	6	HOJA
DESCRIPCIÓN:	LIMPIEZA MANUAL DEL PERIMETRO DEL TERRENO	UNIDAD:	Ha	6 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,02
Motoniveladora	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,02	\$ 0,90
Criba de rieles	1	\$ 5,00	\$ 5,00	0,02	\$ 0,10
Rodillo liso vibratorio	1	\$ 30,00	\$ 30,00	0,02	\$ 0,60
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,02	\$ 0,80
Tanquero de agua	1	\$ 25,00	\$ 25,00	0,02	\$ 0,50
SUBTOTAL M					\$ 2,92

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Chofer Tanquero de Agua	1	\$ 5,29	\$ 5,29	0,02	0,11
Inspector de Obra	1	\$ 4,05	\$ 4,05	0,02	0,08
Peon	2	\$ 3,60	\$ 7,20	0,02	0,14
Operador de Rodillo Liso	1	\$ 3,85	\$ 3,85	0,02	0,08
Operador de Cargadora Frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,02	0,08
SUBTOTAL N					0,49

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Agua	m ³	0,1	\$ 0,50	\$ 0,05
Uso de Mina	m ³	1	\$ 0,30	\$ 0,30
Explotacion de Material de mina a 20 Km	m ³	1,2	\$ 1,00	\$ 1,20
SUBTOTAL O				\$ 1,55

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Explotacion de Material de mina a 20 Km	m ³	1,2	\$ 2,00	\$ 2,40
SUBTOTAL P				\$ 2,40

Total costo directo (M+N+O+P)			\$ 7,36
Indirectos y Utilidades 20%			\$ 1,47
Otros %			\$ -
Costo total del rubro			\$ 8,83
VALOR OFERTADO			\$ 8,83

Son Ocho Dolares Con Ochenta y Tres Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	BASE CLASE 4	Nº	7	HOJA
DESCRIPCIÓN:	PUNTOS DE REFERENCIA	UNIDAD:	Ha	7 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,06
Motoniveladora	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,04	\$ 1,80
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,04	\$ 1,60
Tanquero de Agua	1	\$ 25,00	\$ 25,00	0,04	\$ 1,00
Rodillo Liso Vibratorio	1	\$ 30,00	\$ 30,00	0,04	\$ 1,20
SUBTOTAL M					\$ 5,66

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador de Planta Trituradora	1	\$ 3,85	\$ 3,85	0,04	\$ 0,15
Chofer de tanquero de agua	1	\$ 5,29	\$ 5,29	0,04	\$ 0,21
Inspector de Obra	1	\$ 4,05	\$ 4,05	0,04	\$ 0,16
Peon	3	\$ 3,60	\$ 10,80	0,04	\$ 0,43
Operador de Rodillo Liso	1	\$ 3,85	\$ 3,85	0,04	\$ 0,15
Operador de Cargadora frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,04	\$ 0,16
SUBTOTAL N					\$ 1,28

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Agua	m ³	0,1	\$ 0,50	\$ 0,05
Uso de Mina	m ³	1,2	\$ 0,30	\$ 0,36
Explotacion de material de mina a 20 KM	m ³	1,2	\$ 1,00	\$ 1,20
SUBTOTAL O				\$ 1,61

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Explotacion de material de mina a 20 KM	m ³	1,2	\$ 2,00	\$ 2,40
SUBTOTAL P				\$ 2,40

Total costo directo (M+N+O+P)				\$ 10,95
Indirectos y Utilidades				20%
				\$ 2,19
Otros %				\$ -
Costo total del rubro				\$ 13,13
VALOR OFERTADO				\$ 13,13

Son Trece Dolares Con Trece Centavos
El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	DESALOJO DE MATERIAL FINAL	Nº	8	HOJA
--------	----------------------------	----	---	------

DESCRIPCIÓN:	EXCAVACIÓN Y DESALOJO	UNIDAD:	m ³	8 DE 11
--------------	-----------------------	---------	----------------	---------

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,02
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,04	\$ 1,60
Volqueta (12 m ³)	1	\$ 30,00	\$ 30,00	0,04	\$ 1,20
SUBTOTAL M					\$ 2,82

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador de Cargadora Frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,04	\$ 0,16
Chofer de Volqueta Profesional	1	\$ 5,90	\$ 5,90	0,04	\$ 0,24
SUBTOTAL N					\$ 0,40

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Pintura Esmalte				\$ -
SUBTOTAL O				\$ -

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

Total costo directo (M+N+O+P)			\$	3,22
Indirectos y Utilidades			20%	\$ 0,64
Otros %				\$ -
Costo total del rubro			\$	3,86
VALOR OFERTADO			\$	3,86

Son Tres Dolares Con Ochenta y Seis Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	CARPETA ASFÁLTICA e= 10cm	Nº	9	HOJA
DESCRIPCIÓN:	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	UNIDAD:	m ³	9 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,03
Planta de Asfalto (60 Ton)	1	\$ 145,00	\$ 145,00	0,01	\$ 1,45
Generador Eléctrico	1	\$ 26,00	\$ 26,00	0,01	\$ 0,26
Finisher (147 hp)	1	\$ 70,00	\$ 70,00	0,01	\$ 0,70
Rodillo Tandem (134 hp)	1	\$ 35,00	\$ 35,00	0,01	\$ 0,35
Rodillo Neumático	1	\$ 35,00	\$ 35,00	0,01	\$ 0,35
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,01	\$ 0,40
SUBTOTAL M					\$ 3,54

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (Estruc. Ocup. E2)	10	\$ 3,60	\$ 36,00	0,01	0,36
Operador de Rodillo Tandem	1	\$ 3,85	\$ 3,85	0,01	0,04
Operador de Rodillo Neumático	1	\$ 3,50	\$ 3,50	0,01	0,04
Operador de Cargadora Frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,01	0,04
Operador de Finisher	1	\$ 3,85	\$ 3,85	0,01	0,04
Inspector de Obra	1	\$ 4,05	\$ 4,05	0,01	0,04
SUBTOTAL N					0,55

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Asfalto	Gln	4,02	\$ 2,80	\$ 11,26
Aditivo Magnabond	m ³	0,02	\$ 15,00	\$ 0,30
Diesel	Gln	1	\$ 1,10	\$ 1,10
Traslado de Agregados para Asfalto	m ³	0,12	\$ 4,50	\$ 0,54
SUBTOTAL O				\$ 13,20

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Traslado de Agregados para Asfalto	m ³	0,12	\$ 2,65	\$ 0,32
SUBTOTAL P				\$ 0,32

Total costo directo (M+N+O+P)			\$ 17,61
Indirectos y Utilidades			20%
			\$ 3,52
Otros %			\$ -
Costo total del rubro			\$ 21,13
VALOR OFERTADO			\$ 21,13

Son Veintiuno Dolares Con Trece Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJA



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	EXCAVACIÓN PARA CUNETAS LATERALES	Nº	10	HOJA
DESCRIPCIÓN:	EXCAVACIÓN, CUNETAS	UNIDAD:	m ³	10 DE 11

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 0,02
Cargadora Frontal	1	\$ 40,00	\$ 40,00	0,02	\$ 0,80
Excavadora de Oruga	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,02	\$ 0,90
Motoniveladora	1	\$ 45,00	\$ 45,00	0,02	\$ 0,90
SUBTOTAL M					\$ 2,62

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador Excavadora Oruga	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,02	\$ 0,08
Operador Cargadora Frontal	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,02	\$ 0,08
Operador Motoniveladora	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,02	\$ 0,08
Peon	2	\$ 3,60	\$ 7,20	0,02	\$ 0,14
SUBTOTAL N					\$ 0,39

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				\$ -

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				\$ -

	Total costo directo (M+N+O+P)	\$ 3,01
	Indirectos y Utilidades 20%	\$ 0,60
	Otros %	\$ -
	Costo total del rubro	\$ 3,61
	VALOR OFERTADO	\$ 3,61

Son Tres Dolares Con Sesenta y Un Centavos

El Precio No Incluye IVA

AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PINLOPATA – EL CORAZÓN EN EL TRAMO 7+900 HASTA 11+800 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

RUBRO:	HORMIGÓN DE CUNETAS ($f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$)	Nº	11	HOJA	
DESCRIPCIÓN:	EXCAVACIÓN Y CUNETAS	UNIDAD:	m ³	11 DE 11	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% de MO)					\$ 1,00
Concreteira 1 Saco	1	\$ 5,00	\$ 5,00	0,55	\$ 2,75
Vibrador	1	\$ 4,00	\$ 4,00	0,55	\$ 2,20
SUBTOTAL M					\$ 5,95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon	8	\$ 3,60	\$ 28,80	0,55	\$ 15,84
Albañil	2	\$ 3,65	\$ 7,30	0,55	\$ 4,02
Maestro de Obra (Estruct. Ocup. C1)	1	\$ 4,04	\$ 4,04	0,55	\$ 2,22
SUBTOTAL N					\$ 22,08
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento	Kg	360,5	\$ 0,15	\$ 54,08	
Arena	m ³	0,65	\$ 11,50	\$ 7,48	
Ripio	m ³	0,95	\$ 11,50	\$ 10,93	
Agua	m ³	0,22	\$ 0,50	\$ 0,11	
Aditivo	m ³	0,3	\$ 1,40	\$ 0,42	
Encofrado	m ²	2	\$ 4,00	\$ 8,00	
SUBTOTAL O					\$ 81,01
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					\$ -
Total costo directo (M+N+O+P)				\$ 109,03	
Indirectos y Utilidades 20%				\$ 21,81	
Otros %				\$ -	
Costo total del rubro				\$ 130,84	
VALOR OFERTADO				\$ 130,84	
Son Ciento Treinta Dolares Con Ochenta y Cuatro Centavos					
El Precio No Incluye IVA					
AUTOR: MAX BRYAN MARTÍNEZ CARABAJO					

ANEXO 15 PLANOS