



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Proyecto de Investigación previo a la Obtención del Título de
Ingeniero Civil**

TEMA:

“LAS CONDICIONES DE LA VÍA POTREROPAMBA – LA CLEMENTINA – SALATE PERTENECIENTE AL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE SUS HABITANTES”.

AUTOR: Nancy Piedad Sánchez Lozada

TUTOR: Ing. Mg. Vinicio Almeida

AMBATO - ECUADOR

2015

APROBACIÓN POR EL TUTOR

Yo, Ing. M. Sc. Vinicio Almeida en calidad de tutor del trabajo de graduación, certifico que la presente tesis realizada por la Srta. Nancy Piedad Sánchez Lozada, egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil se desarrolló bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito bajo el tema: **“LAS CONDICIONES DE LA VÍA POTREROPAMBA – LA CLEMENTINA – SALATE PERTENECIENTE AL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE SUS HABITANTES”**, el cual se ha concluido de manera satisfactoria.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y puede continuar con el trámite pertinente.

En la ciudad de Ambato, a los 17 días del mes de Julio del 2015.

Ing. M. Sc. Vinicio Almeida

TUTOR

AUTORÍA

El presente proyecto bajo el tema: **“LAS CONDICIONES DE LA VÍA POTREROPAMBA – LA CLEMENTINA – SALATE PERTENECIENTE AL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE SUS HABITANTES”** fue realizado de manera responsable; los contenidos, ideas y resultados plasmados son originales, auténticos y personales, a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

Egda. Nancy Piedad Sánchez Lozada

AUTORA

DEDICATORIA

*El presente trabajo de graduación quiero dedicar primordialmente a mi **Dios Todopoderoso**, quien me ha bendecido con la vida y la fuerza necesaria para no desfallecer y así poder luchar por cumplir este objetivo, por iluminar cada uno de mis pasos y ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.*

*A mi madre **Anita**, mi pilar fundamental para llegar a estas instancias de mi vida y mi fuente de inspiración para luchar en la vida por lo que uno desea, quien ha depositado toda su confianza en mi persona y me apoyado incondicionalmente a pesar de las adversidades por las que hemos tenido que pasar.*

Y a todos mis amigos y amigas que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas brindándome su cariño y amistad.

Con cariño, Nancy S.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a **Dios Padre** por regalarme la vida y la salud, por su infinita misericordia hacia mí al regalarme sabiduría y brindarme la oportunidad de hacer realidad este sueño tan anhelado.

A mi madre **Anita**, por apoyarme en todo momento, por enseñarme a ser una persona de bien inculcándome los mejores valores y motivándome a seguir adelante pese a cualquier circunstancia, por el gran esfuerzo desmesurado que ha hecho todo un siempre para darme una mejor educación, a ti madre estaré infinitamente agradecida porque me has regalado la mejor herencia que pude haber recibido.

A Uds. **Don Juan y Doña Martha** que siempre me han apoyado incondicionalmente en mi educación y han estado pendiente de mi como una hija más, por todo eso le pido a Dios que donde quiera que se encuentren siempre los bendiga y los proteja y les permita seguir gozando de salud y trabajo, pues este logro también se los debo a Uds. y por ello igual eternamente agradecida.

A mi tutor, **Ing. Vinicio Almeida**, por inculcarme sus conocimientos y experiencias para que el desarrollo de este trabajo se lleve a cabalidad.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a los **docentes** de la Carrera de Ingeniería Civil, quienes me han impartido las bases para mi formación profesional.

A todos mis amigos y amigas que de una u otra manera me han apoyado y me han brindado sus palabras de aliento cuando más lo he necesitado, en especial a ti **Pauly y Estefy**.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN POR EL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
ABSTRACT	XVII

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico.....	2
1.2.3 Prognosis	3
1.2.4 Formulación del problema	4
1.2.5 Interrogantes (subproblemas)	4
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	4
1.2.6.1 Delimitación de contenido	4
1.2.6.2 Delimitación espacial	4
1.2.6.3 Delimitación temporal	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	8
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	9
2.4.1 Supraordinación de variables	9
2.4.2 Definiciones	9
2.4.2.1 Carretera	9
2.4.2.2 Topografía.....	12
2.4.2.3 Estudio de suelos.....	16
2.4.2.4 Tráfico	22
2.4.2.5 Diseño geométrico	29
2.4.2.6 Diseño del pavimento.....	59
2.4.2.7 Drenaje vial.....	65
2.5 HIPÓTESIS	69
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	70
2.6.1 Variable independiente	70
2.6.2 Variable dependiente	70

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	72
3.3.1 Población.....	72
3.3.2 Muestra	72
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	73
3.4.1 Variable independiente	73
3.4.2 Variable dependiente	74

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	74
3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	75

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	76
4.1.1 Análisis de resultados de la encuesta	76
4.1.2 Análisis de resultados del estudio topográfico	82
4.1.3 Análisis de resultados del estudio de tráfico	83
4.1.3.1 Cálculo del factor hora pico	85
4.1.3.2 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual actual	85
4.1.3.3 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual proyectado	88
4.1.4 Análisis de resultados del estudio de suelos	89
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS	93
4.2.1 Interpretación de datos de la encuesta	93
4.2.2 Interpretación de datos del estudio topográfico	94
4.2.3 Interpretación de datos del estudio de tráfico	94
4.2.4 Interpretación de datos del estudio de suelos	94
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	95

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	101
5.2 RECOMENDACIONES	103

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS	104
6.1.1 Ubicación	104

6.1.2 Población.....	107
6.1.3 Condiciones climáticas	107
6.1.4 Aspectos económicos productivos	108
6.1.5 Aspectos sociales.....	108
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	109
6.3 JUSTIFICACIÓN	110
6.4 OBJETIVOS.....	110
6.4.1 Objetivo general	110
6.4.2 Objetivos específicos	111
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	111
6.6 FUNDAMENTACIÓN	112
6.6.1 Diseño geométrico	112
6.6.2 Diseño del pavimento	113
6.6.3 Sistema de drenaje	114
6.7 METODOLOGÍA	114
6.7.1 Diseño geométrico	115
6.7.1.1 Velocidades.....	115
6.7.1.2 Distancias de visibilidad	116
6.7.1.3 Alineamiento horizontal	119
6.7.1.4 Alineamiento vertical	124
6.7.1.5 Sección transversal.....	127
6.7.2 Diseño del pavimento	127
6.7.2.1 Método AASHTO-93 para pavimentos flexibles.....	127
6.7.3 Sistemas de drenaje	154
6.7.3.1 Diseño de cunetas.....	154
6.7.3.2 Diseño de alcantarillas.....	162
6.7.4 Señalización vial.....	170
6.7.4.1 Señalización horizontal	170
6.7.4.2 Señalización vertical	174
6.7.5 Cálculo de volúmenes de obra	178
6.7.6 Presupuesto referencial	184
6.7.7 Cronograma valorado de trabajo	186

6.8 ADMINISTRACIÓN	187
6.8.1 Recursos económicos	187
6.8.2 Recursos técnicos	187
6.8.3 Recursos administrativos.....	187
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	187
6.9.1 Proceso constructivo	188
6.9.2 Señalización para la ejecución de los trabajos	188
6.9.3 Seguridad industrial y salud ocupacional	189
6.9.4 Medidas generales de control ambiental.....	189
MATERIALES DE REFERENCIA	191
1. BIBLIOGRAFÍA.....	191
2. ANEXOS	193

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Relación función, Clase MOP y tráfico.....	10
Cuadro N° 2: Clasificación según la topografía del terreno	12
Cuadro N° 3: Especificaciones AASHTO MODIFICADO T-180	21
Cuadro N° 4: Valores de carga patrón para el CBR	22
Cuadro N° 5: Valores referenciales de CBR, usos y suelos.....	22
Cuadro N° 6: Velocidades de diseño (Km/h).....	32
Cuadro N° 7: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño	33
Cuadro N° 8: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada de un vehículo (metros)	36
Cuadro N° 9: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento de un vehículo (metros)	38
Cuadro N° 10: Radios mínimos de curvas en función del peralte y el coeficiente de fricción lateral	42
Cuadro N° 11: Gradiente longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte	47
Cuadro N° 12: Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (%)	52
Cuadro N° 13: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas	54
Cuadro N° 14: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas.....	55
Cuadro N° 15: Ancho de calzada	57
Cuadro N° 16: Clasificación de superficies de rodadura	58
Cuadro N° 17: Valores de diseño para el ancho de espaldones	58
Cuadro N° 18: Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos	59
Cuadro N° 19: Granulometría para las sub-bases.....	62
Cuadro N° 20: Granulometría para las bases	64
Cuadro N° 21: Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales	66
Cuadro N° 22: Operacionalización de la variable independiente.....	73
Cuadro N° 23: Operacionalización de la variable dependiente.....	74
Cuadro N° 24: Plan de recolección de la información.....	74
Cuadro N° 25: Hora pico.....	84

Cuadro N° 26: Tasas de crecimiento anual de tráfico %	86
Cuadro N° 27: TPDA por cada año	89
Cuadro N° 28: Valor percentil para diseño de subrasantes de acuerdo al nivel de tránsito.....	92
Cuadro N° 29: Interpretación de datos de la encuesta	93
Cuadro N° 30: Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	94
Cuadro N° 31: Clasificación de los suelos	95
Cuadro N° 32: Frecuencias observadas	96
Cuadro N° 33: Frecuencias esperadas.....	96
Cuadro N° 34: Chi-cuadrado calculado	97
Cuadro N° 35: Valores críticos de la distribución Chi-cuadrado	98
Cuadro N° 36: Coordenadas de la ubicación del proyecto (WGS-84)	104
Cuadro N° 37: Número de habitantes por vivienda.....	107
Cuadro N° 38: Población beneficiada.....	107
Cuadro N° 39: Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo	116
Cuadro N° 40: Distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo	118
Cuadro N° 41: Longitud mínima de transición en función del peralte máximo “e”	122
Cuadro N° 42: Periodos de diseño en función del tipo de carretera.....	129
Cuadro N° 43: Categorización según el tipo de vehículo	129
Cuadro N° 44: Dimensiones y cargas según el tipo de vehículo	130
Cuadro N° 45: Factores de daño según tipo de vehículo	131
Cuadro N° 46: Factor de distribución por carril.....	131
Cuadro N° 47: Factor de distribución por dirección.....	131
Cuadro N° 48: Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 Ton	133
Cuadro N° 49: Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino .	134
Cuadro N° 50: Valores de Z_R en función de la confiabilidad	135
Cuadro N° 51: Espesores mínimos en pulgadas en función de los ejes equivalentes	138
Cuadro N° 52: Estabilidad Marshall según la clasificación IMDP	139
Cuadro N° 53: Coeficiente estructural a_1 en función del módulo de elasticidad	141

Cuadro N° 54: Coeficiente estructural de la capa base a ₂	142
Cuadro N° 55: Coeficiente estructural de la capa sub-base a ₃	143
Cuadro N° 56: Calidad de drenaje	144
Cuadro N° 57: Coeficientes de drenaje m ₂ y m ₃	144
Cuadro N° 58: Parámetros que deben cumplir las sub-bases y bases.....	152
Cuadro N° 59: Criterios de diseño para mezclas Marshall	153
Cuadro N° 60: Granulometría para los agregados de las mezclas asfálticas	154
Cuadro N° 61: Coeficientes de rugosidad de Manning	156
Cuadro N° 62: Velocidades y caudales admisibles para cada pendiente	157
Cuadro N° 63: Coeficientes de escorrentía C.....	158
Cuadro N° 64: Estadística mensual y anual de las variables climatológicas	161
Cuadro N° 65: Valores del coeficiente de Talbot.....	165
Cuadro N° 66: Niveles mínimos de retroreflexión en pintura sobre pavimento .	171
Cuadro N° 67: Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada	173

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Representación del concepto de curvas de nivel	13
Gráfico N° 2: Zona característica del sistema de coordenadas UTM.....	15
Gráfico N° 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	18
Gráfico N° 4: Densidad máxima y contenido de humedad óptimo	20
Gráfico N° 5: Relaciones entre los volúmenes horarios más altos del año y el TPDA	25
Gráfico N° 6: Distancia de visibilidad de parada	34
Gráfico N° 7: Distancia de visibilidad de rebasamiento	37
Gráfico N° 8: Elementos de una curva circular simple.....	40
Gráfico N° 9: Estabilidad del vehículo en las curvas	44
Gráfico N° 10: Diagrama de transición del peralte	46
Gráfico N° 11: Sobreancho en las curvas	50
Gráfico N° 12: Transición del peralte y sobreancho	51
Gráfico N° 13: Tangente vertical.....	52
Gráfico N° 14: Curvas verticales convexas.....	54
Gráfico N° 15: Curvas verticales cóncavas.....	55
Gráfico N° 16: Sección transversal típica de una vía	57
Gráfico N° 17: Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	61
Gráfico N° 18: Dimensiones típicas de cunetas triangulares	67
Gráfico N° 19: Elementos de una alcantarilla	68
Gráfico N° 20: Bombeo en sección tangente	69
Gráfico N° 21: Bombeo en sección curva.....	69
Gráfico N° 22: Ubicación de la estación de conteo	83
Gráfico N° 23: Distribución del tráfico vehicular	84
Gráfico N° 24: Volumen de tráfico de los días de conteo	85
Gráfico N° 25: Tráfico actual.....	88
Gráfico N° 26: Tráfico proyectado	89
Gráfico N° 27: Ubicación de las calicatas para la toma de muestras	90
Gráfico N° 28: Distribución de la prueba estadística Chi-cuadrado.....	99
Gráfico N° 29: Ubicación del proyecto a nivel cantonal	105
Gráfico N° 30: Ubicación del proyecto	106

Gráfico N° 31: Distribución temporal de precipitación	107
Gráfico N° 32: Distribución temporal de temperatura.....	108
Gráfico N° 33: Espesores de las capas del pavimento	137
Gráfico N° 34: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a_1	140
Gráfico N° 35: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la base a_2	142
Gráfico N° 36: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la sub-base a_3	143
Gráfico N° 37: Cálculo del número estructural “SN” requerido en el software “Ecuación AASHTO 93”	146
Gráfico N° 38: Espesores propuestos para el pavimento flexible	151
Gráfico N° 39: Sección tipo del proyecto	151
Gráfico N° 40: Sección de cuneta propuesta para el proyecto	155
Gráfico N° 41: Cabezal de entrada y salida tipo 1	166
Gráfico N° 42: Detalle de cajas receptoras para cunetas	168
Gráfico N° 43: Detalle de cajas de pasos de agua	169
Gráfico N° 44: Ángulos de iluminación y observación	172
Gráfico N° 45: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	173
Gráfico N° 46: Línea continua de separación de circulación opuesta	174
Gráfico N° 47: Líneas continuas de borde	174
Gráfico N° 48: Ubicación de la señalización vertical en zona rural.....	175
Gráfico N° 49: Señales regulatorias.....	176
Gráfico N° 50: Señales preventivas	177
Gráfico N° 51: Señales para trabajos en las vías y propósitos especiales.....	178

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: LAS CONDICIONES DE LA VÍA POTREROPAMBA – LA CLEMENTINA – SALATE PERTENECIENTE AL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE SUS HABITANTES.

AUTORA: Egda. Nancy Piedad Sánchez Lozada.

FECHA: Julio, 2015.

El presente proyecto tiene como finalidad estudiar las condiciones actuales en las que se encuentra la vía Potreropamba – La Clementina – Salate y proponer una alternativa de solución, el mismo que brinde a dichas comunidades, la oportunidad de mejorar sus condiciones de vida en lo que respecta al aspecto social y principalmente económico por tratarse de poblados que tienen basada su economía en la producción agrícola.

Para esto fue necesario partir con una visita de campo y observar todo aquello que repercute en el estado actual de la vía, así como conocer la opinión de los moradores mediante las encuestas, y una vez analizados e interpretados sus resultados se llegó a concluir que es necesario realizar el mejoramiento y apertura de su tramo faltante.

Para conseguir lo mencionado se realizó un levantamiento topográfico con un ancho de faja de aproximadamente 80 metros, luego se procedió a tomar muestras de suelo cada kilómetro de los cuales una vez ensayados se obtuvo un valor de CBR de diseño de 14.9%, también se realizó el censo volumétrico de los vehículos con lo que se determinó que la vía es de IV orden según el MOP.

Una vez concluidos los trabajos de campo se procedió a realizar mediante ayuda de softwares especializados el diseño geométrico de acuerdo a los criterios técnicos de la normativa vigente, el diseño del pavimento según la AASHTO-93, el diseño de los sistemas de drenaje que ayuden a evacuar las aguas lluvia, la señalización pertinente del caso de acuerdo al INEN, el presupuesto, el cronograma valorado de trabajo y análisis de precios unitarios, también se anexan todos los planos correspondiente para su posterior ejecución.

ABSTRACT

TOPIC: THE CONDITIONS OF THE ROUTE POTREROPAMBA – LA CLEMENTINA – SALATE BELONGING AL CANTON SAN PEDRO DE DEPILEO, TUNGURAHUA PROVINCE AND ITS IMPACTO N THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF ITS PEOPLE.

AUTHOR: Egda. Nancy Piedad Sánchez Lozada.

DATE: July, 2015.

This project aims to study the current conditions that is the way Potreropamba – La Clementina – Salate and propose an alternative solution, the same as those mentioned above to provide communities the opportunity to improve their living conditions in regarding the social aspect and mainly economic because it is populated with its economy base on agricultural production.

This required from a field visit and observe everything that affects the current state of the road and getting feedback from the inhabitants through surveys, and once analyced and interpreted the results came to the conclusions that it is needed improvement and his missing leg opening.

To achieve the mentioned a survey was conducted with a wide band of about 80 meters, then proceeded to take soil samples every kilometer of which once tested a value of CBR desing of 14.9% was obtained, it was also carried out Census volumetrically vehicles with that is determined that the track is fourth order in MOP.

Once the field work completed we proceeded to perform with the help of specialized software the geometric design according to the technical criteria of the regulations, the design of the pavement according to AASHTO-93, the design of drainage systems to help evacuate rainwater, signaling the relevant case according to INEN, budget, schedule work valued and unit price analysis, all the corresponding plans for later execution is also attached.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Actualmente en varios países latinoamericanos se tienen redes viales deficientes en comparación con el resto del mundo, según la información del Banco Mundial estos países poseen cerca de 1000 km. de vías pavimentadas por millón de habitantes en cambio los países industrializados tienen 10000 km. por millón de habitantes, además cerca del 45% de estas vías no pueden proporcionar un servicio adecuado porque se encuentran descuidadas a causa de los pocos recursos que se han destinado para su conservación, sin tomar en cuenta que una carretera se puede mantener por tiempo indefinido con un gasto anual de más o menos un 2% de su costo de construcción mientras que la reconstrucción de las carreteras comprende un gasto mayor a cinco veces el costo de mantenimiento anual, los mismos que se recuperan al reducir los costos por transporte. (Pérez y Yanovich, 1999).¹

La Red Vial del Ecuador ha sido definida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas con una longitud de 43.197 Km, perteneciendo 9.485 Km a la Red Vial Estatal, 11.106 Km a la Red Vial Provincial y 22.606 Km a la Red Vial Cantonal;

¹ Rec. de <http://www.corficolombiana.com/webcorficolombiana/Repositorio/informes/IS01021999.PDF>

pero solo un 12% de la red vial total está pavimentada y el 57% con superficie de rodadura afirmada; entre ambos aseguran la movilización continua durante todo el año entre las regiones del país; sin embargo, algo más de la cuarta parte de la red son caminos de tierra, presentan condiciones precarias; la mayor parte pertenece a caminos terciarios y vecinales, lo que se convierte en un gran problema porque éstos son los que conectan con las zonas rurales productivas del país.²

La Provincia de Tungurahua tiene una red de conectividad interna como la vía inter cantonal que une las ciudades con la capital provincial, la red de vías inter parroquiales que une a la capital provincial con las cabeceras cantonales y ésta a su vez con las parroquias de mayor relevancia; por lo que las zonas rurales en su mayor parte agropecuarias, necesitan de soportes para el desarrollo de las actividades, siendo las vías las que permiten el suministro de insumos para la consolidación de las actividades, así como también la salida de productos generados aquí. (Plan de Gobierno de la Prefectura Provincial de Tungurahua, periodo 2014 – 2019).

El principal problema que enfrenta el flujo agropecuario de las comunidades de Potreropamba, La Clementina y Salate es el deterioro de los productos y el incremento en los costos de transporte para su comercialización debido a las malas condiciones en las que se encuentran sus vías, por tal motivo nace la necesidad de buscar alternativas de solución en cuanto a vías de acceso, que permita mejorar y progresar el desarrollo socio productivo de las comunidades y porque no del país.

1.2.2 Análisis crítico

Potreropamba, La Clementina y Salate se han dedicado en su mayor parte a la agricultura y ganadería, por lo que los agricultores buscan los medios para comercializar sus productos como son: aguacates, tomate de árbol, granadillas, babacos, maíz, fréjol, etc. pero las condiciones en las que se encuentran sus vías de comunicación no permiten comercializar productos de calidad afectando directamente al desarrollo económico y social del sector.

² Recuperado de <http://www.e-asfalto.com/redvialecuador/>

Las condiciones de la vía que pasa por dichas comunidades son precarias, fue levantada sobre la antigua línea férrea, tiene una calzada que oscila entre 4 y 5 metros, se encuentra al nivel de la subrasante (tierra) con presencia de vegetación y material pétreo proveniente de los taludes que conforman la misma, no cuenta con sistemas de drenaje, a excepción de una alcantarilla, razón por la cual en épocas de invierno se forman grandes charcos de lodo; todo esto ha hecho que la vía no brinde ninguna seguridad vial y dificulte el paso a los transeúntes con sus cosechas.

A más de ello, existe un sendero intermedio de aproximadamente 2.5 Km que no permite la circulación directa de los vehículos, por lo que los agricultores han tenido que ingeniarse para sacar sus productos a los mercados por otras rutas así mismo en estado deplorable, ya sea en mulas, vehículos propios o alquilados, incrementando de esta manera los costos y los tiempos en los procesos de transporte.

También otros factores como la escasa organización comunitaria, el insuficiente presupuesto, la inadecuada planeación, la geografía adversa, las fuertes lluvias y derrumbes, ciertos pasos de agua que se han construido sin planificación, la falta de mantenimiento, entre otros, han llegado a repercutir en lo que hoy es la vía.

1.2.3 Prognosis

En el caso de no llevarse a cabo el proyecto y siendo una zona que tiene basada su economía principalmente en la agricultura y ganadería, pues ésta se seguirá viendo afectada por la ineficiente infraestructura vial con la que cuenta, dificultando así el transporte de los productos a los centros de comercialización y consumo, y por ende provocando un desacelerado desarrollo social y económico de la población.

Asimismo no se podrán mejorar las condiciones técnicas y dar seguridad a la vía y mucho menos se podrá realizar la apertura con la que se cuenta para unir las parroquias de Pelileo y Chiquicha.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo incide las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua en el desarrollo socioeconómico de los habitantes?

1.2.5 Interrogantes (subproblemas)

¿Cuáles son las condiciones de vida de los pobladores de la comunidad?

¿Cuál es el estado actual de la vía en estudio?

¿Cuál es la topografía de la zona?

¿Cuáles son las características del suelo de dicho sector?

¿Cuál es el tipo de tráfico vehicular que circula por el sector?

¿Cuál es el diseño geométrico que mejor se adapte a las condiciones topográficas del lugar?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

1.2.6.1 Delimitación de contenido

La investigación sobre el tema “Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes” se encuentra dentro del campo de la Ingeniería Civil, en el área de Vías bajo los aspectos del Diseño Geométrico de Vías, Mecánica de Suelos, Topografía, Pavimentos y Diseño Hidrológico.

1.2.6.2 Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolló en las comunidades de Potreropamba, La Clementina y Salate pertenecientes al Cantón San Pedro de Pelileo de la Provincia de Tungurahua, los estudios complementarios se los hizo en la biblioteca y laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3 Delimitación temporal

El estudio se realizó de manera independiente en el periodo Enero del 2015 – Julio del 2015.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como finalidad mejorar las condiciones actuales en las que se encuentra la vía ya que uno de los principales problemas que enfrenta el flujo agropecuario de la zona es el deterioro de los productos debido a la acción del polvo y el mal transporte teniendo como resultado el bajo costo de los mismos.

Así mismo, dándole la seguridad con la que debe contar la vía se reduce el tiempo y el costo de transporte de los productos a los centros de acopio y consumo, y de la misma manera disminuyen los daños en los automotores ocasionados por la presencia de vegetación, la erosión del suelo, pequeños derrumbes y charcos de lodo en temporadas de invierno.

Cabe recalcar que dicha vía se ubica cerca de las riveras del río Patate, lo que permite tener un hermoso paisaje natural y un clima agradable; al mejorar su infraestructura se incentivaría a que se desarrollen las actividades turísticas en la zona y continúen desplegándose al conectarse con la ruta de las Viñas que es considerada también como zona turística.

Todos estos aspectos puestos en marcha contribuirían para el fortalecimiento de la economía y el desarrollo social de la población, de la provincia y por ende del país.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Estudiar las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar los aspectos socio-económicos de la población.
- ✓ Definir las condiciones topográficas del sector.
- ✓ Identificar las características físico-mecánicas del suelo existente.
- ✓ Determinar el Tránsito Promedio Diario Anual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El presente proyecto se fundamenta en los trabajos de investigación realizados previo a la obtención del título de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato como son:

En la investigación ejecutada por el autor Iván Gonzalo Jácome Pérez, (2011), bajo el tema “La infraestructura vial y su incidencia en el buen vivir de los habitantes de las colonias Libertad y Allishungo, parroquia Fátima, cantón Pastaza, provincia de Pastaza” manifiesta que “Para hacer efectivo el estudio y construcción de una vía se debe tomar en cuenta varios aspectos: sociales, producción agrícola, ganadera, económica, geográfica, etc., y de manera especial a quienes serán beneficiarios directos”.

En la investigación elaborada por el autor Ángel Roberto Caiza Chicaiza, (2011), con el tema “Análisis de la capa de rodadura de la vía Lligo – Tahuacha – San Jorge del Cantón Patate y su relación en la calidad de vida de los habitantes del sector”, concluye que “El pésimo estado de las cunetas o la inexistencia de ellas causa daños a la vía ocasionando erosión superficial en sectores donde la vía se encuentra lastrada y desmoronamiento de las hileras laterales en el empedrado”.

En la investigación desarrollada por el autor Israel Masaquiza Masaquiza, (2012), sobre el tema “La inadecuada red vial de la zona urbana de la parroquia Salasaca del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, afecta el desarrollo socio-económico del sector” señala que “Es de suma importancia y necesario el estudio de una planificación vial para lograr el progreso del sector para planear y regular el uso de las tierras y mejorar el desarrollo agropecuario y turístico del sector”.

En la investigación realizada por el autor Diego Fabián Iglesias Chariguamán, (2013), sobre el tema “Las condiciones de la red vial urbana de la parroquia Sucre, cantón Patate, provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socio-económico de los habitantes” se concluye que “Se aprovechará al máximo la topografía en procura de evitar volúmenes altos en el movimiento de tierra, como también posibles muros de sostenimiento ya que son rubros que puede incrementar considerablemente el costo de la obra”.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La siguiente investigación se enfoca en el paradigma Crítico – Propositivo ya que se tiene como finalidad conocer y comprender las causas por las que se ha originado el problema de infraestructura vial en el sector y teniendo una visión de la realidad en la que viven plantearse posibles alternativas de solución de tal forma que al considerar cualquiera de ellas permitan mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

La investigación es de carácter participativo ya que requiere no solo de la intervención del investigador sino también de los beneficiarios del proyecto haciendo que ésta sea abierta y flexible.

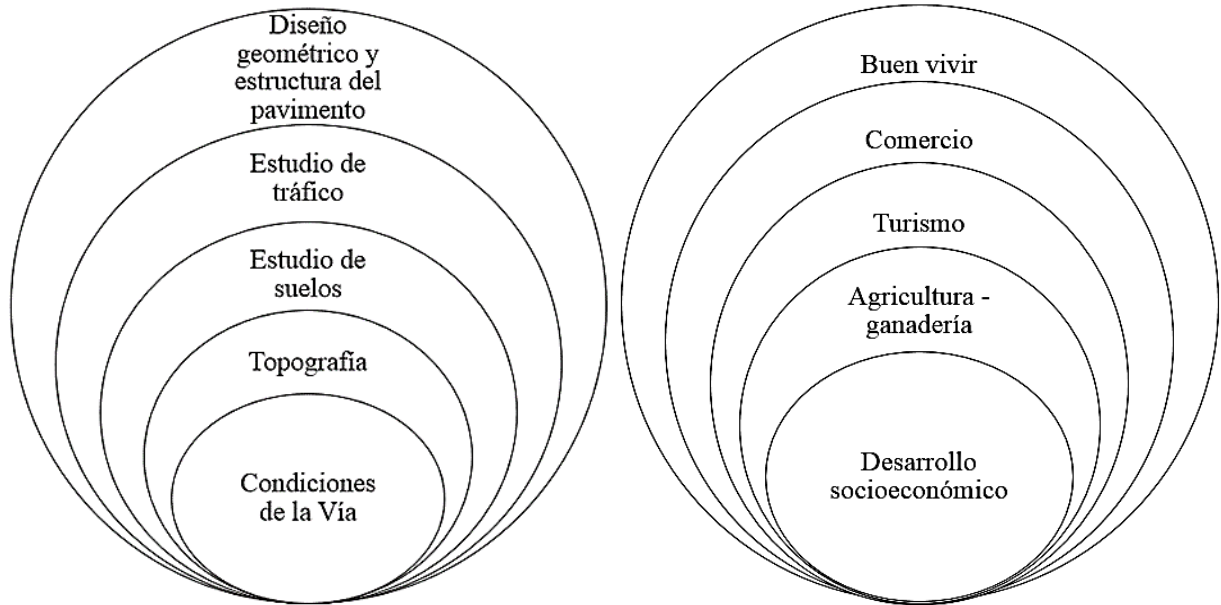
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El estudio vial se respalda bajo las siguientes normas de diseño:

- Normas de diseño geométrico MOP 2003.
- Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO – 93.
- SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
- Normas AASHTO y ASTM para ensayos de suelos.
- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F 2002.
- Normas INEN para señalización.
- Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 Supraordinación de variables



Variable Independiente

Variable Dependiente

2.4.2 Definiciones

2.4.2.1 Carretera

“Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de comodidad y seguridad”. (Cárdenas, 2002, p. 1).

Existen algunos beneficios socioeconómicos que proporcionan las vías y son los siguientes:

- ✓ Confiabilidad bajo todas las condiciones climáticas.
- ✓ Reducción de los costos de transporte.
- ✓ Mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales.
- ✓ Acceso a nuevos centros de empleo.
- ✓ Contratación de trabajadores locales en obras en sí.

- ✓ Mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales.
- ✓ Fortalecimiento de las economías locales.

Clasificación Nacional de la red vial

En el Ecuador el Ministerio de Transporte y Obras Públicas ha clasificado tradicionalmente las carreteras de acuerdo a un cierto grado de importancia basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas requerido que en su función jerárquica.

a) Según su capacidad (Función del TPDA)

Cuadro N° 1: 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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Notas:

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

⁽²⁾ RI - RII - Autopistas.

b) Según su jerarquía

- *Corredores arteriales*: Estos corredores pueden ser carreteras de calzadas separadas (autopistas) y de calzada única (Clase I y II). Dentro del grupo de autopistas, éstas tendrán un control total de accesos y cuyo uso puede ser prohibido a cierta clase de usuarios y de vehículos. Dentro del segundo grupo de arteriales (Clase I y II) que son la mayoría de las carreteras, éstas mantendrán una sola superficie acondicionada de la vía con dos carriles destinados a la circulación de vehículos en ambos sentidos y con adecuados espaldones a cada lado; incluirá además pero en forma eventual, zonas suplementarias en las que se asientan carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y sus accesos que se

realizan a través de vías de servicio y rampas de ingreso/salida adecuadamente diseñadas.

- *Vías colectoras:* Estas vías son las carreteras de clase I, II, III y IV de acuerdo a su importancia que están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.
- *Caminos vecinales:* Estas vías son las carreteras de clase IV y V que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores. (MOP, 2003).

c) Según su jurisdicción

- *Red Vial Estatal:* Está constituida por todas las vías administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas como única entidad responsable del manejo y control, lo integran las vías primarias o corredores arteriales y secundarias o colectoras.
- *Red Vial Provincial:* Es el conjunto de vías administradas por cada uno de los Consejos Provinciales, lo integran las vías terciarias y caminos vecinales.
- *Red Vial Cantonal:* Es el conjunto de vías urbanas e interparroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales, lo integran las vías terciarias y caminos vecinales.³

d) Según el número de calzadas

- *Carreteras de calzadas separadas:* Son las que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas. Excepcionalmente pueden tener más de una calzada para cada sentido de circulación.

No se considera como separación física la constituida exclusivamente por marcas viales sobre el pavimento o bordillos montables (altura inferior a 15 cm).

³ Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Carreteras_de_Ecuador

- *Carretera de calzada única:* Son las que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente del número de carriles.

e) Según la superficie de rodamiento

- *Pavimentos flexibles:* Son aquellos que tienen una capa de rodadura formada por una mezcla bituminosa de asfalto altamente resistente a los ácidos, álcalis y sales.
- *Pavimentos rígidos:* Son aquellos donde la capa de rodadura está formada por una losa de concreto hidráulico (agua, cemento, arena y grava), con o sin refuerzo estructural, apoyada sobre la sub-rasante de material granular.
- *Afirmados:* Son aquellos en los que la superficie de rodadura se componen de una capa de material granular con tamaño máximo dos y media pulgadas (2 ½”) y con proporción de finos, debidamente compactado.
- *Superficie natural:* Su capa de rodadura se compone del terreno del lugar, debidamente conformado. (Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12).

2.4.2.2 Topografía

“La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales”. (Chocontá, 2002, p. 29).

Desde el punto de vista de la topografía los terrenos se clasifican en:

Cuadro N° 2: Clasificación según la topografía del terreno

Tipo de terreno	Pendiente transversal (%)	Pendiente transversal (°)	Pendiente longitudinal (%)	Movimiento de tierras	Trazado y explanación
Plano	0% - 5%	< 5°	< 3%	Mínimo	Sin dificultad
Ondulado	5% - 25%	6° - 12°	3% - 6%	Moderado	Poca dificultad
Montañoso	25% - 75%	13° - 40°	6% - 8%	Grande	Con dificultad
Escarpado	> 75%	> 40°	> 8%	Máximo	Mucha dificultad

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 2013.

Levantamientos topográficos

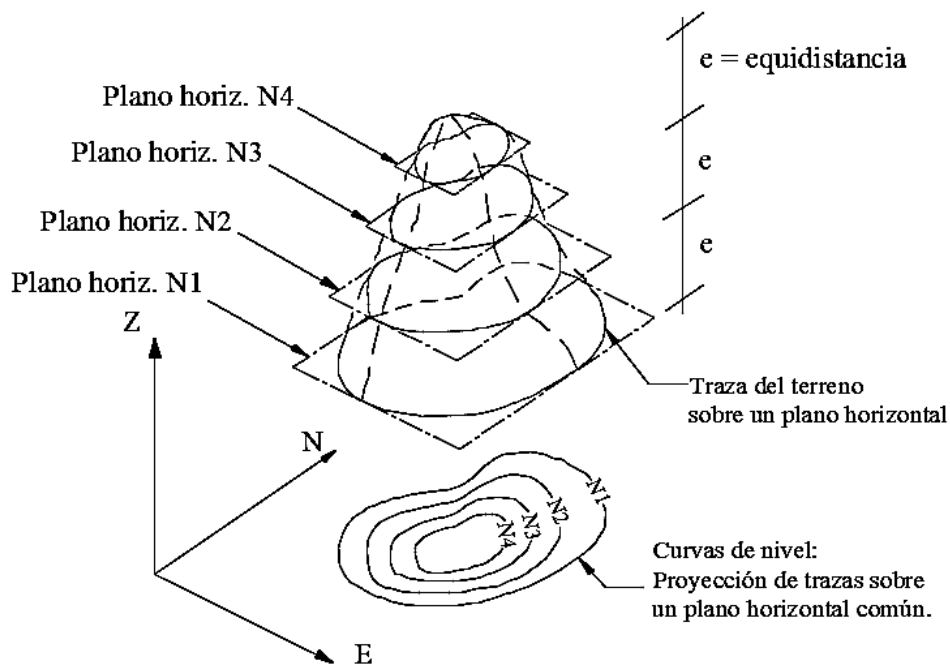
“Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, los elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre”. (Casanova, 2002, p. 7-1).

“El levantamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen”. (Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC del Perú, 2008, p.139).

Curvas de nivel

Las curvas de nivel son empleadas para representar gráficamente las formas del relieve de la superficie del terreno, éstas permiten determinar de forma sencilla y rápida la cota o elevación de cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar las formas y accidentes del terreno, etc.

Gráfico N° 1: Representación del concepto de curvas de nivel



Fuente: Topografía Plana de Leonardo Casanova, 2002.

Características de las curvas de nivel

- Debido a que la superficie de la tierra es una superficie continua, las curvas de nivel son líneas continuas que se cierran en sí mismas, bien sea dentro o fuera del plano, por lo que no se deben interrumpir en el dibujo.
- Las curvas de nivel nunca se cruzan o se unen entre sí, salvo en el caso de un risco o acantilado en volado o en una caverna, en donde aparentemente se cruzan pero están a diferente nivel.
- Las curvas de nivel nunca se bifurcan o se ramifican.
- La separación entre las curvas de nivel indican la inclinación del terreno, curvas muy pegadas indican pendientes fuertes y curvas muy separadas indican pendientes suaves. (Casanova, 2002, cap. 7, pp. 19-20).

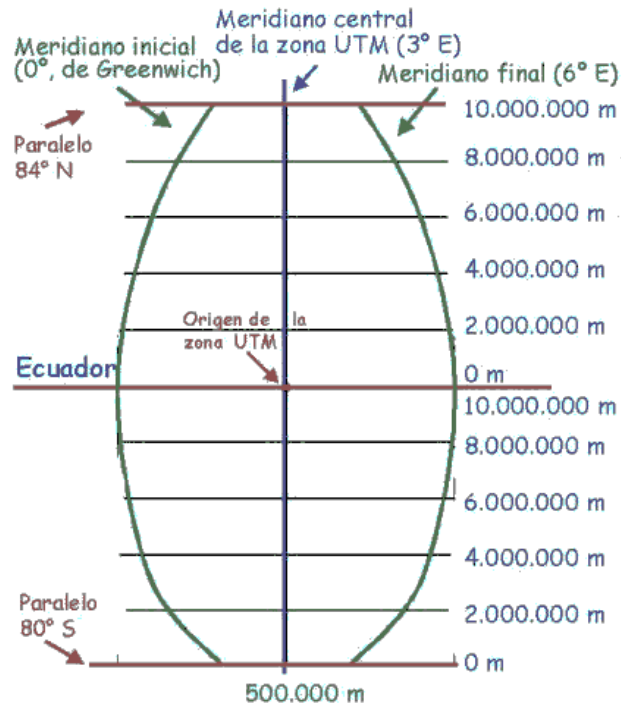
Sistema de proyección UTM (Universal Transversal de Mercator)

El sistema de coordenadas UTM es un sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre. Generalmente se utiliza para proyectos pequeños donde la curvatura de la tierra no afecta tanto sus dimensiones. Está basado en un modelo elipsoidal de la Tierra como es el WGS84. Las magnitudes en este sistema se expresan en metros únicamente al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

En el sistema de coordenadas UTM existen 60 husos de 6° de longitud cada uno completando los 360° de la Tierra, enumerados ascendentemente hacia el Este a partir del meridiano de Greenwich (180° E); cada huso está dividido en 20 zonas de 8° de latitud (excepto B y X que tienen 12°), denominados mediante letras desde la C hasta la X excluyendo la I y la O para evitar confusiones; estas zonas se extienden desde el paralelo 84° de latitud N hasta 80° de latitud S.

Cada huso tiene asignado un meridiano central que junto con el ecuador sitúan el origen de las coordenadas, a este origen se le asigna un valor relativo de 0 Km Norte – 500 Km Este para el hemisferio Norte y 10000 Km Norte – 500 Km Este para el hemisferio Sur, evitando así los números negativos. El país se encuentra entre los husos 14 – 18 y en la zona M.

Gráfico N° 2: Zona característica del sistema de coordenadas UTM



Fuente: http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html

Escalas

Los planos de levantamientos topográficos se representarán bajo las siguientes escalas y con equidistancias normales entre curvas de nivel de la siguiente manera:

<i>Escala</i>	<i>Equidistancia</i>
1:2000	2 m.
1:1000	1 m.
1:500, 1:200, 1:100	0.50 m.

Las escalas que se usan generalmente para la presentación de planos de proyectos viales son:

Para el plano horizontal:	H 1:1000 o 1:2000
Para el perfil longitudinal:	H 1:1000 o 1:2000 V 1:100 o 1:200
Para perfiles transversales:	H 1:100 V 1:100

2.4.2.3 Estudio de suelos

El suelo es la base para el asentamiento de cualquier obra civil. El estudio de suelos permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir, la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

Para conocer las propiedades de los suelos en el proyecto, es necesario tomar muestras en todo el desarrollo del mismo (calicatas). (Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos, 2002, cap. 4, p. 2).

El espaciamiento entre los sondajes, estará en función de las características del suelo y del tipo de vía, fluctúa entre los 200 y 500 m. La profundidad de la investigación está comprendida entre 1.5 y 2 metros con toma de muestras cada 50 cm.

En los primeros 50 cm se toman aproximadamente 50 Kg de muestra alterada que servirá para realizar los ensayos de:

- ✓ Contenido de humedad natural.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Límites de Atterberg (límites de consistencia)
- ✓ Compactación.
- ✓ Resistencia al Corte del suelo (CBR).

Una vez realizada la clasificación se ejecuta el ensayo de compactación, para determinar la densidad máxima y la humedad óptima para finalmente realizar el ensayo de CBR; con las muestras pequeñas tomadas en los siguientes tramos de 50 cm, se realizará el ensayo de humedad natural, con el fin de obtener un gráfico en el que se registra, el porcentaje de humedad vs. la profundidad. (Apuntes de Pavimentos, Ing Frixon Moreira, 2012).

a) Contenido de humedad

El contenido de humedad natural de un suelo es la relación que existe entre el peso del agua de una partícula de suelo y el peso sólido de esa partícula y está expresado en porcentaje. La humedad es muy importante determinarla al momento de querer hacer cualquier obra civil en el suelo ya que por medio de ésta se conoce cuanto resiste y como se va a comportar el suelo donde se construye.⁴

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

El contenido de humedad con valores altos significará suelos saturados o embebidos, por lo tanto inestables, compresibles, deformables, mientras que los valores bajos identifican suelos estables, resistentes, de alta capacidad de carga, poco compresibles, poco densificables. (Mantilla, 2000, p. 22).

b) Análisis granulométrico

Los ensayos de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. Los suelos se clasifican en grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas, aunque a veces puede tener materia orgánica.

La textura y propiedades físicas del suelo dependerán del tamaño de ellas. Mayores tamaños de partículas significa mayor espacio entre ellas, resultando un suelo más poroso; menor tamaño de partículas tendrá menor espacio entre ellas dificultando el paso del aire y del agua, siendo éste un suelo menos poroso.

Comprende dos clases de ensayos:

- Por tamizado para las partículas grueso – granulares (gravas, arenas)

⁴ Recuperado de <http://www.scribd.com/doc/32091590/ensayo-de-humedad-natural-gravedad-especifica-peso-unitario-y-tamizado>

- Por sedimentación para la fracción fina del suelo (limos, arcillas), pues no son discriminables por tamizado.

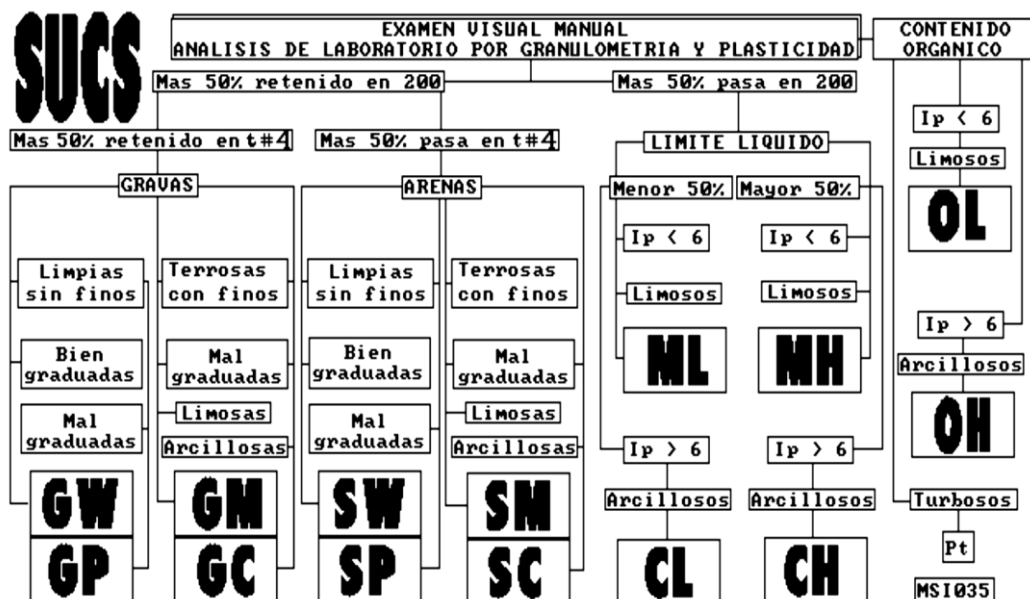
La clasificación de los suelos es el indicador de las propiedades físico – mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como subrasante es la clasificación de AASHTO. En términos generales, un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- ✓ *Grava*: De un tamaño menor a 76.2 mm (3”) hasta tamiz N° 10 (2 mm).
- ✓ *Arena Gruesa*: De un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz N° 40 (0.425 mm).
- ✓ *Arena Fina*: De un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N° 200 (0.075 mm).
- ✓ *Limos y Arcillas*: Tamaños menores al tamiz N° 200 (0.075 mm).

Conforme AASHTO, un suelo fino es el que tiene más del 35% que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm), los cuales se clasifican como A-4, A-5, A-6 o A-7. Dos suelos considerados finos que tengan granulometrías similares pueden llegar a tener propiedades diferentes dependiendo de su plasticidad. (Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, 2002, cap. 4, p. 3).

La SUCS en cambio clasifica a los suelos de acuerdo al siguiente esquema:

Gráfico N° 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS



Fuente: Mecánica de Suelos I del Ing. Francisco Mantilla, 2000.

c) Límites de consistencia

Los límites de Atterberg o límites de consistencia son propiedades índice de los suelos y se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Los límites de plasticidad se analizan en los suelos que pasan el tamiz N° 40 y son:

- *Límite líquido (LL)*: Es la frontera entre el estado semilíquido y plástico. Se determina midiendo la humedad y el número de golpes necesarios para cerrar en una determinada longitud (½ pulg) una ranura de un determinado ancho mediante un aparato normalizado (la copa de Casagrande).
- *Límite plástico (LP)*: Es la frontera entre el estado plástico y semisólido. Se obtiene midiendo el contenido de humedad del suelo cuando comienzan a desmoronarse pequeños rollitos de suelo de 3 mm de diámetro.

Índice Plástico (Ip): Es la diferencia entre LL y LP e indica la plasticidad del suelo.

$$I_p = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un I_p grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un I_p pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Se identificará la diferencia como el Índice Plástico, excepto en los siguientes casos:

1. Cuando el LL o el LP no pueden ser determinados, el I_p será no plástico (NP).
2. Cuando el suelo es muy arenoso, el LP deberá determinarse antes del LL, si el LP no puede ser determinado, el LL y el LP serán NP.
3. Cuando el LP es igual o mayor que el LL, el I_p será NP.⁵

⁵ Mecánica de Suelos I, Ing. Francisco Mantilla, 2000.

d) Compactación

La masa del suelo generalmente tiene un comportamiento favorable para la Ingeniería Civil, cuando de un estado seco empieza a absorber agua, pero dicha absorción no es infinita, sino que tiene un límite en donde las características del suelo son excelentes, al sobrepasar dicho límite el suelo empieza a ablandarse y las propiedades técnicas decrecen aceleradamente.

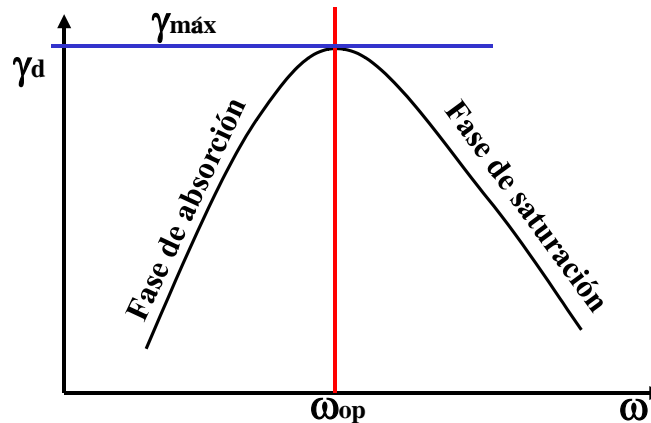
La compactación de los suelos es el mejoramiento artificial de sus propiedades índice y mecánicas por medio de maquinaria construida por el hombre. Este ensayo tiene como objetivo incrementar la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de carga, la indeformabilidad y la impermeabilidad.

Los ensayos de compactación Proctor son los que permiten determinar la humedad óptima o sea la humedad ideal en la cual el suelo llega a su máxima densidad y a su vez alcanza sus mejores propiedades mecánicas. El valor de esta humedad óptima depende directamente de la cantidad de energía de compactación a la que se ha sometido el suelo; al ser mayor la energía de compactación, la humedad óptima será menor y la densidad seca será mayor.

Los parámetros fundamentales de la compactación de suelos son:

- ✓ Peso volumétrico máximo o máxima densidad.
- ✓ Contenido óptimo de humedad.

Gráfico N° 4: Densidad máxima y contenido de humedad óptimo



Fuente: Mecánica de Suelos I del Ing. Francisco Mantilla, 2000.

A continuación se detallan los equipos y las especificaciones para cada uno de los métodos propuestos por la Asociación Americana de Vías Estatales y Transporte Oficial (AASHTO).

Cuadro N° 3: Especificaciones AASHTO MODIFICADO T-180

MARTILLO 10 LIBRAS	ALTURA DE CAÍDA 18"			
	PASA TAMIZ # 4		PASA TAMIZ 3/4"	
Material				
MÉTODOS	A	B	C	D
Molde usado	4"	6"	4"	6"
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes/capa	25	56	25	56
Volumen del molde sin collar (pies ³)	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
Volumen del molde sin collar (cm ³)	944	2123	944	2123
Energía de Compactación: lb pié / pié ³	12375	12317	12375	12375

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos de Raúl Valle Rodas.

e) Determinación del CBR (California Bearing Ratio)

Este ensayo permite determinar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El número CBR o simplemente CBR, se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs/plg²) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs/plg²) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

$$CBR = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} * 100$$

Esta relación proporciona un valor que se indica en porcentaje, el cual puede ser muy variable dependiendo del tipo de los suelos analizados; 2 a 4% en arcillas plásticas hasta un 70% o más en materiales granulares de buena calidad. (Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos, 2002, cap. 4, p. 4).

Para determinar el CBR se toma como material de compactación la piedra triturada que sería el 100%, es decir $CBR = 100\%$. La resistencia a la penetración que presenta a la hincada del pistón es la siguiente:

Cuadro N° 4: Valores de carga patrón para el CBR

Penetración		Carga Unitaria Patrón			
mm	plg	Mpa	Psi	k/cm ²	lb/plg ²
2.50	0.10	6.90	1.00	70.00	1000
5.00	0.20	10.30	1.50	105.00	1500
7.50	0.30	13.00	1.90	133.00	1900
10.00	0.40	16.00	2.30	161.00	2300
12.70	0.50	18.00	2.60	182.00	2600

Fuente: Módulo de Mecánica de Suelos II del Ing. Frixon Moreira, 2011.

- Si los CBR para 0.1” y 0.2” son semejantes, se recomienda usar en los cálculos, el CBR correspondiente a 0.2”.
- Si el CBR correspondiente a 0.2” es muy superior al CBR correspondiente al 0.1”, deberá repetirse el ensayo.

Cuadro N° 5: Valores referenciales de CBR, usos y suelos

N° CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Sub base y base	GM, GC, SW, SN, SP, GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A-3

Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Ing. Luis Chang Chang.

2.4.2.4 Tráfico

El diseño de una carretera o de cualquiera de sus partes se debe basar en datos reales del tránsito, o sea, del conjunto de vehículos que circulan o circularán por ella. El tránsito indica para qué servicio se va a construir la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño. La información sobre el tránsito permite

establecer las cargas para el diseño geométrico, lo mismo que para el diseño de su estructura o afirmado.

Los datos del tránsito deben incluir las cantidades de vehículos o volúmenes por días del año y por horas del día, como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos, es decir, su composición. (Chocontá, 2002, p. 33).

2.4.2.4.1 Volumen del tránsito

a) Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

Representa el tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, o sea que es el volumen de tránsito promedio por día. (Chocontá, 2002, p. 33).

Para el cálculo del TPDA se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será el contado en ese sentido.
- En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones. Normalmente para este tipo de vías, el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación.
- Para el caso de Autopistas, generalmente se calcula el TPDA para cada sentido de circulación, ya que en ellas interviene lo que se conoce como *Flujo Direccional* que es el porcentaje de vehículos en cada sentido de la vía: esto, determina composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en un mismo período.

Para obtener el TPDA es necesario realizar conteos vehiculares que nos permitan conocer el nivel de tráfico existente. (MOP, 2003).

Tipos de conteo

- ✓ **Manuales:** Se realiza en la vía por uno o más medidores que registran el total de vehículos que circulan por una sección de la vía o por una intersección. Este método es especialmente adecuado para mediciones de tráfico en periodos

cortos, siendo posible realizar una clasificación final de los distintos tipos de vehículos y movimientos.

La precisión del método manual es muy sensible a la intensidad de flujo, por lo que un observador no debe contar más de 400 vehículos por hora, para intensidades mayores debe separarse la medición por movimiento, tipo de vehículo o por carril.

Si las mediciones serán utilizadas para efectos de simulación/modelación, la contabilización deberá ser totalizada a intervalos de 15 minutos, diferenciando por sentido de circulación o movimiento (si corresponde) y por tipo de vehículo. (Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12).

- ✓ **Automáticos:** Permiten conocer el volumen total del tráfico. Siempre deben ir acompañados de conteos manuales para establecer la composición del tráfico. (MOP, 2003).

Período de observación

Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales. (MOP, 2003).

b) Volumen de la hora pico

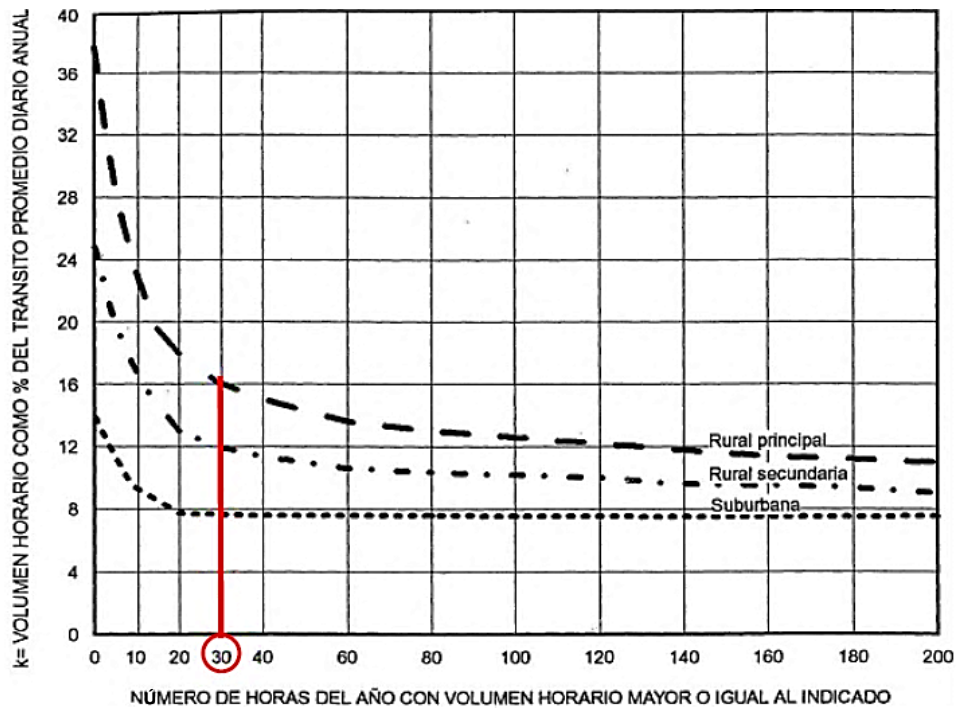
Es el volumen de tránsito que circula por una carretera en la hora de tránsito más intenso. El tránsito en una carretera presenta variaciones considerables en las diferentes horas del día y del año. (Chocontá, 2002, p. 33).

c) Volumen horario de diseño.

Se representa como VHD y es el volumen horario que se utiliza para diseñar, es decir, para comparar con la capacidad de la carretera en estudio.

Para hallar el tránsito horario que se acomode mejor a la economía de la vía se ha usado la curva que presenta los volúmenes horarios del año en orden descendente, en ella los volúmenes horarios aparecen como porcentajes del TPDA.

Gráfico N° 5: Relaciones entre los volúmenes horarios más altos del año y el TPDA



Fuente: Cal y Mayor† y Cárdenas, 1994.

Esta curva lleva a la conclusión de que el volumen horario que se debe usar en el diseño debe ser el trigésimo más alto del año, abreviado como 30va HD. Como puede observarse en la gráfica, en este punto la curva tiende a horizontalizarse; quiere decir que a partir del valor de la 30va HD los demás volúmenes horarios difieren poco entre sí, mientras que los anteriores son bastante diferentes, y son pocos los demasiado grandes. (Chocontá, 2002, p. 34).

La figura muestra en el eje de las ordenadas aquellos volúmenes registrados de mayor a menor, como porcentajes del TPDA, en tanto que en el eje de las abscisas se anota el número de horas por año en que el tránsito es mayor o igual al indicado. La curva desciende bruscamente hasta su punto de inflexión, que ocurre normalmente en la denominada trigésima hora de diseño o 30va HD lo cual significa que al diseñar para ese volumen horario, cabe esperar que existan 29 horas en el año en que el volumen será excedido.

El volumen de tránsito de la hora pico o 30va HD se sitúa normalmente entre 12 y 18% del TPDA en el caso de las carreteras rurales, con un término medio bastante representativo del 15% de dicho TPDA.

En carreteras urbanas, este volumen se ubica entre 8 y 12% del TPDA, por lo que es válida la práctica de utilizar un 10% del TPDA como valor de diseño, a falta de factores propios obtenidos de las investigaciones de tránsito (Leclair, 2001, p. 8)⁶.

d) Tráfico futuro

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo.

Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto, sirve además para indicar cuando una carretera debe mejorar su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad; esto se hace mediante la comparación entre el flujo máximo que puede soportar una carretera y el volumen correspondiente a la 30ava hora, o trigésimo volumen horario anual más alto, que es el volumen horario excedido sólo por 29 volúmenes horarios durante un año determinado. (MOP, 2003).

En caso de no contar con información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible.

$$Tf = Ta(1 + i)n$$

Donde:

- Tf = Tráfico futuro o proyectado.
- Ta = Tráfico actual.
- i = Tasa de crecimiento del tráfico.
- n = Número de años proyectados.

⁶ Recuperado de <http://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/normas-disec3b1o-geometrico-sieca-2004.pdf>

Los componentes del tránsito futuro son:

1. El tránsito normal compuesto de:
 - ✓ El tránsito actual.
 - ✓ El tránsito atraído.

2. El aumento de tránsito, conformado por:
 - ✓ El crecimiento normal
 - ✓ El tránsito producido (o inducido)
 - ✓ El tránsito de desarrollo

Crecimiento normal del tráfico actual

El tráfico actual es el número de vehículos que circulan sobre una carretera antes de ser mejorada o es aquel volumen que circularía, al presente, en una carretera nueva si ésta estuviera al servicio de los usuarios.

Para una carretera que va a ser mejorada el tráfico actual está compuesto por:

- *Tráfico Existente*: Es aquel que se usa en la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico.
- *Tráfico Desviado*: Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo.

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera. (MOP, 2003).

Tráfico generado

El tráfico generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarían sólo si las mejoras propuestas ocurren, y lo constituyen:

- ✓ Viajes que no se efectuaron anteriormente.
- ✓ Viajes que se realizaron anteriormente a través de unidades de transporte público.
- ✓ Viajes que se efectuaron anteriormente hacia otros destinos y con las nuevas facilidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta.

El tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera.

Tráfico por desarrollo

Este tráfico se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Este componente del tráfico futuro, puede continuar incrementándose durante parte o todo el período de estudio. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios. (MOP, 2003).

2.4.2.4.2 Composición del tránsito

En el diseño de las carreteras se deben de tener en cuenta las características de operación de los vehículos, que son diferentes según los diversos tamaños y pesos de los mismos, y permiten formar con ellos varias clases.

Las dos clases más generales de vehículos son:

- ***Vehículos livianos:*** Incluye a las motocicletas, los automóviles y camionetas con capacidad hasta de ocho pasajeros y ruedas sencillas en el eje trasero.
- ***Vehículos pesados:*** Camiones, buses y combinación de camiones (semirremolques y remolques) de más de 4 toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras. (Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12).

2.4.2.5 Diseño geométrico

“El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal”. (Cárdenas, 2002, p. 33).

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece la configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

La vía será *funcional* de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación.

La geometría de la vía tendrá como premisa básica la de ser *segura*, a través de un diseño simple y uniforme.

La vía será *cómoda* en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se logrará ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las optan los conductores a lo largo de los tramos rectos.

La vía será *estética* al adaptarla al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil.

La vía será *económica*, cuando cumpliendo con los demás objetivos ofrece el menor costo posible tanto en su construcción como en su mantenimiento.

Finalmente, la vía deberá ser *compatible con el medio ambiente*, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales. (Cárdenas, 2002, pp. 1-2).

El diseño y la localización de una carretera se ven afectados por varios factores, los más importantes son:

- ✓ Las características del terreno, como son:
 - a) La topografía o conformación de la superficie terrestre.
 - b) Las características físicas y geológicas
 - c) Los usos del terreno en el área que atraviesa la vía.

Ellos determinan la selección de la ruta y la localización de la vía.

- ✓ El volumen del tránsito y las características de los vehículos que van a utilizar la vía determinan el tipo de ésta, es decir, que controlan el diseño geométrico. (Chocontá, 2002, p. 29).

2.4.2.5.1 Velocidades

Velocidad de diseño

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

La velocidad de diseño se elige tomando en cuenta que es preferible mantener una velocidad constante para el diseño de cada tramo, pero por los cambios que presenta la topografía se ve obligado a cambiar dicha velocidad en ciertos tramos, sin embargo no se puede alterar repentinamente las velocidades de diseño de mayor a menor o viceversa, es por esto que se tiene que dejar una distancia suficiente para que el conductor cambie su velocidad gradualmente hasta llegar al tramo con distinta velocidad. La diferencia entre las velocidades de dos tramos contiguos no será mayor a 20 Km/h. Debe procederse a efectuar en el lugar una adecuada señalización progresiva, con indicación de velocidad creciente o decreciente.

La velocidad de diseño debe seleccionarse para el tramo de carreteras más desfavorables y debe mantenerse en una longitud mínima entre 5 y 10 kilómetros. Una vez seleccionada la velocidad, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado. Siempre que sea posible se aconseja usar valores de diseños mayores a los mínimos establecidos.

Existen tres aspectos básicos y decisivos en la elección de la velocidad de diseño y son los siguientes:

- 1) *Naturaleza del terreno*: Es comprensible que un camino ubicado en una zona llana o poco ondulada ha de tener una velocidad mayor que un similar de una zona muy ondulada o montañosa, o que uno que atraviesa una zona rural respecto del que pasa por una zona urbana.
- 2) *La modalidad de los conductores*: Un conductor no ajusta la velocidad de su vehículo a la importancia que reviste un camino en el proyecto, sino a las limitaciones que le imponen las características del lugar o del tránsito y a sus propias necesidades o urgencias. Circula a una velocidad baja cuando existen motivos evidentes de tal necesidad.

La velocidad que el conductor logre en una carretera depende de:

- a) La capacidad del conductor y del vehículo.
 - b) Las características de la carretera y de la zona aledaña.
 - c) Las condiciones del tiempo.
 - d) La presencia de otros vehículos en la vía.
 - e) Las limitaciones legales y de control.
- 3) *El factor económico*: Las consideraciones económicas deben dirigirse hacia el estudio del costo de operación de los vehículos a velocidades elevadas, así como el alto costo de las obras destinadas a servir un tránsito de alta velocidad. (MOP, 2003).

Cuadro N° 6: Velocidades de diseño (Km/h)

Categoría de la vía	TPDA esperado	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 dependientes 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 dependientes 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 dependientes de la velocidad.	
		Rec	Abs	Rec	Abs	Rec	Abs	Rec	Abs	Rec	Abs	Rec	Abs
RI-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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Notas:

- Los valores recomendados se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite superior de la respectiva vía.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o relieve sea difícil o escarpado.
- Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd mín a 20 Km/h.

Velocidad de circulación

Es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo, o a la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, dividida para la suma de los tiempos de recorrido correspondientes.

La velocidad de circulación de los vehículos en un camino, es una medida de la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios, por lo tanto, para fines de diseño, es necesario conocer las velocidades de los vehículos que se espera circulen por el camino para diferentes volúmenes de tránsito.

Todo camino debe diseñarse para que circulen por él volúmenes de tránsito que no estén sujetos al grado de saturación, es decir para volúmenes de tránsito bajo e intermedio. (MOP, 2003).

La AASHTO recomienda calcular como un porcentaje de la velocidad de diseño, considerando lo siguiente:

Velocidad de Circulación	TPDA	Tráfico
$Vc = 0.8 * Vd + 6.5$	< 1000	Volumen Bajo
$Vc = 1.32 * Vd^{0.89}$	1000 a 3000	Volumen Medio

Donde:

- Vc = Velocidad de circulación (Km/h)
- Vd = Velocidad de diseño (Km/h)

Cuadro N° 7: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño

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 MOP, 2003.

Las dos primeras se utilizan para fines de diseño y operación y la última para análisis económicos.

Los valores para bajos volúmenes de tránsito, constituyen el factor más importante que gobierna ciertos elementos del diseño, tales como el peralte, las curvas en intersecciones y los carriles de cambio de velocidad.

Los valores de la velocidad de circulación correspondientes a volúmenes de tráfico bajos se usan como base para el cálculo de las distancias de visibilidad para parada de un vehículo y los correspondientes a volúmenes de tráfico intermedios se usan

para el cálculo de la distancia de visibilidad para rebasamiento de vehículos. (MOP, 2003).

2.4.2.5.2 Distancia de visibilidad

Según el MOP (2003), se llama distancia de visibilidad a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él. La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera.

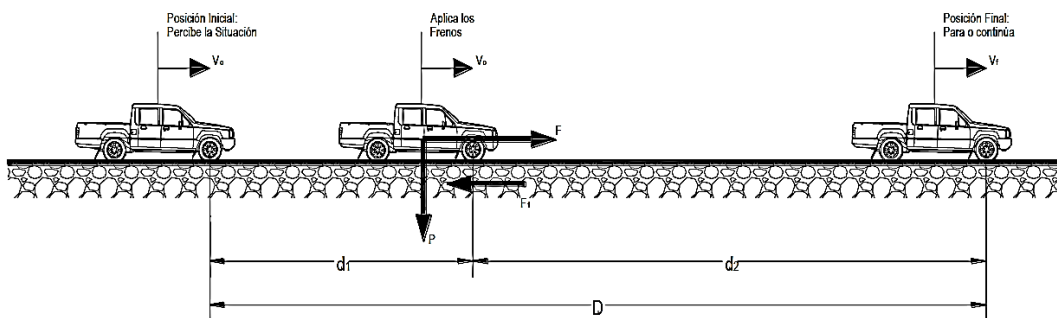
Se discute en dos aspectos:

- La distancia requerida para la parada de un vehículo, sea por restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.
- La distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

Distancia de visibilidad de parada

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido. Esta distancia se calcula para que un conductor y su vehículo por debajo del promedio, alcance a detenerse ante el peligro u obstáculo. Es la distancia de visibilidad mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo.

Gráfico N° 6: Distancia de visibilidad de parada



Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12.

Se considera que es igual a la suma de dos distancias:

- 1) La distancia recorrida por el vehículo durante el tiempo de percepción del obstáculo por la vista del conductor más el tiempo de reacción del conductor para frenar.
- 2) La distancia requerida para parar o detener el vehículo, después de haber accionado los frenos.

$$D = d_1 + d_2$$

Según la AASHTO, el tiempo de percepción es muy variable de acuerdo al conductor y equivale a 1,5 segundos para condiciones normales de carretera. Por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores y equivalente a 1 segundo. De aquí que el tiempo total de percepción más reacción hallado como adecuado, se lo considera igual a 2,5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción d_1 se calcula por la siguiente fórmula:

$$d_1 = \frac{V_c * t}{3.6} = \frac{2.5 * V_c}{3.6} = 0.694V_c = 0.7V_c$$

Donde:

- d_1 = distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.
- V_c = velocidad de circulación del vehículo, expresada en Km/h.
- t = tiempo de percepción más reacción en segundos (2.5seg).

La distancia de frenaje d_2 para una gradiente longitud horizontal se calcula utilizando la fórmula:

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254f} \quad f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}}$$

En donde:

- d_2 = distancia de frenaje sobre la calzada a nivel, expresada en metros.
- f = coeficiente de fricción longitudinal.
- V_c = velocidad del vehículo al momento de aplicar los frenos, en Km/h.

Quedando expresada la distancia de visibilidad de parada de la siguiente manera:

$$D = 0.7V_c + \frac{V_c^2}{254f}$$

Cuadro N° 8: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada de un vehículo (metros)

Criterios de diseño: Pavimentos mojados

Clase de carretera	Valor recomendable			Valor absoluto		
	L	O	M	L	O	M
RI o RII > 8000 TPDA	220	180	135	180	135	110
I 3000 a 8000 TPDA	180	160	110	160	110	70
II 1000 a 3000 TPDA	160	135	90	135	110	55
III 300 a 1000 TPDA	135	110	70	110	70	40
IV 100 a 300 TPDA	110	70	55	70	35	25
V Menos de 100 TPDA	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

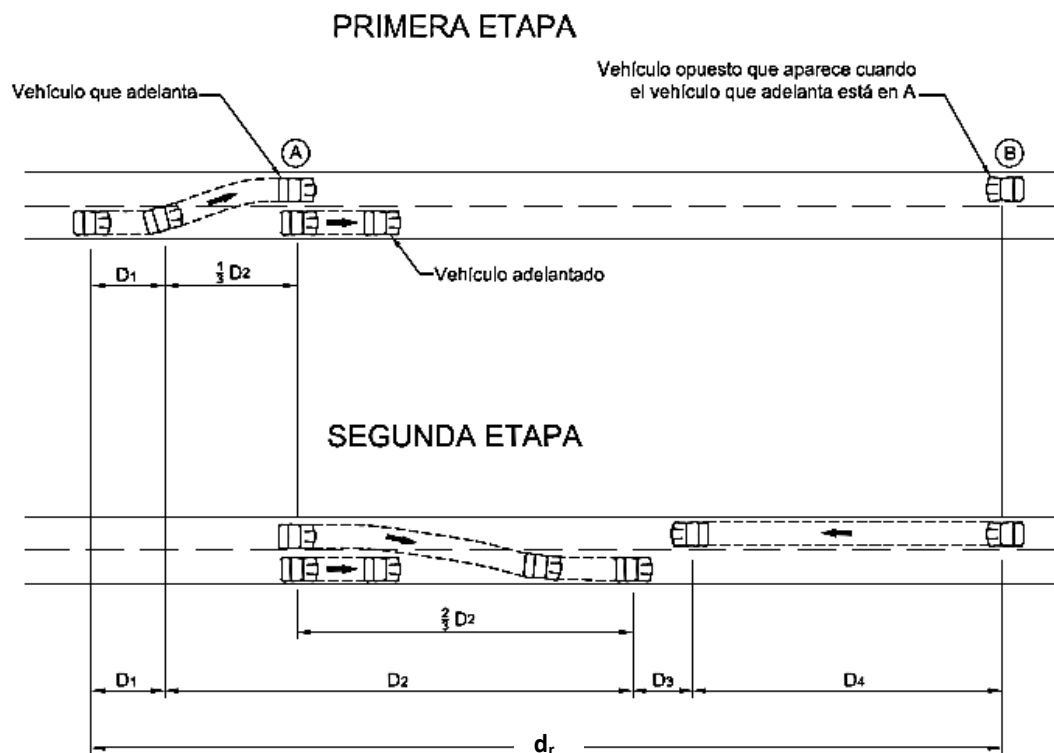
Distancia de visibilidad de rebasamiento

La distancia de visibilidad de rebasamiento se define como la mínima distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para rebasar a otro vehículo que, a menor velocidad relativa, circula en su mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo para ello el carril contrario pero sin afectar la velocidad del otro vehículo que se le acerca, el cual es visto por el conductor inmediatamente después de iniciar la maniobra de rebasamiento. El conductor puede retornar a su carril si percibe, por la proximidad del vehículo opuesto que no alcanza a realizar la maniobra completa de rebasamiento.

Para el cálculo de la distancia mínima de rebasamiento en carreteras de dos carriles, se asume lo siguiente:

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

Gráfico N° 7: Distancia de visibilidad de rebasamiento



Fuente: Manual Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, 2008.

Esta distancia de visibilidad para rebasamiento está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:

- D_1 = distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.
- D_2 = distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo.
- D_3 = distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra. Asumir de 30 m a 90 m.
- D_4 = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, $2/3$ de d_2 . Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

Es decir, la distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo es igual a:

$$d_r = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Cuadro N° 9: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento de un vehículo (metros)

Clase de carretera	Valor recomendable			Valor absoluto		
	L	O	M	L	O	M
RI o RII > 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565
I 3000 a 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415
II 1000 a 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345
III 300 a 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV 100 a 300 TPDA	480	290	210	290	150	110
V Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

La variación de la distancia de visibilidad para rebasamiento en función de la velocidad, está representada por la siguiente ecuación equivalente:

$$d_r = 9.54V - 218$$

$$30 < V < 100$$

Donde:

- d_r = distancia de visibilidad para rebasamiento, expresada en metros.
- V = velocidad promedio del vehículo rebasante, expresada en km/h.

2.4.2.5.3 Alineamiento horizontal

El diseño geométrico en planta de una carretera o alineamiento horizontal es la proyección de su eje sobre un plano horizontal, el mismo que está formado por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas, sean éstas circulares o de transición. (Cárdenas, 2002, p. 34).

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de: La topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y el potencial de los materiales locales.

a) Tangente

Es la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que van unidas entre sí por curvas y la distancia que existe entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente se la denomina tangente intermedia. Su máxima longitud está condicionada por la seguridad.

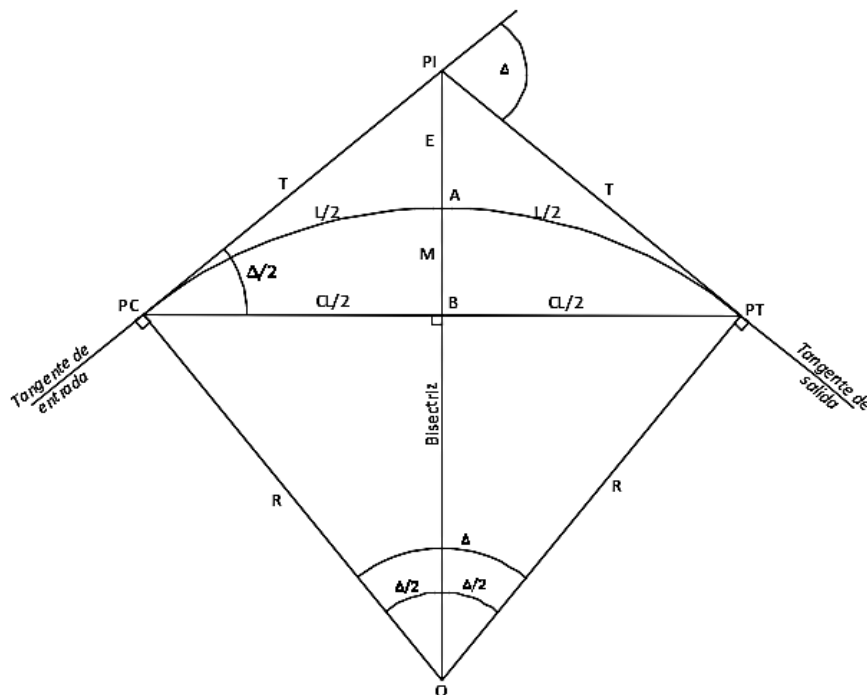
Las tangentes intermedias largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo o por que favorecen al encandilamiento durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes intermedias, diseñando en su lugar alineaciones onduladas con curvas de mayor radio.

b) Curvas circulares

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

Entre sus elementos característicos principales se tienen los siguientes:

Gráfico N° 8: Elementos de una curva circular simple



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 2002.

- PI = Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- PC = Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- PT = Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- O = Centro de la curva circular.
- Δ = Ángulo de deflexión de las tangentes: Ángulo de deflexión principal. Es igual al Ángulo central subtendido por el arco PC-PT.
- R = Radio de la curva circular simple.

- T = Tangente o subtangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.
- L = Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.
- CL = Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.
- E = External: distancia desde el Pi al punto medio de la curva A.
- M = Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Grado de curvatura: Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra G_c y su fórmula es la siguiente:

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R} \quad \Rightarrow \quad G_c = \frac{1145.92}{R}$$

Radio mínimo de curvatura horizontal: El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse según la siguiente fórmula:

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

Donde:

- R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.
- V = Velocidad de diseño, Km/h.
- f = Coeficiente de fricción lateral.
- e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

Criterios para adoptar los valores del radio mínimo:

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

Cuadro N° 10: Radios mínimos de curvas en función del peralte y el coeficiente de fricción lateral

Velocidad de diseño Km/h	“f” máxima	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		0.10	0.08	0.06	0.04	0.10	0.08	0.06	0.04
20	0.350		7.32	7.68	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	35
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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Nota: Se podrá utilizar un radio mínimo de 15 m siempre y cuando se trate de:

- Aprovechar infraestructuras existentes.
- Relieve difícil (escarpado).
- Caminos de bajo costo.

Ángulo central: Es el ángulo formado por la curva circular y se simboliza como “α” (alfa). En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

Longitud de la curva: Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como L_c y su fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360} \quad \Rightarrow \quad L_c = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

Independientemente de que a cada velocidad corresponde un radio mínimo, cuando el ángulo de deflexión es muy pequeño habrá que asumir valores de radio mayores tanto para satisfacer la longitud requerida para la transición del peralte, como para mejorar las condiciones estéticas del trazado.

Tangente de curva o subtangente: Es la distancia entre el PI y el PC ó entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra “T” y su fórmula de cálculo es:

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

External: Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra “E” y su fórmula es:

$$E = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

Ordenada media: Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra “M” y su fórmula de cálculo es:

$$M = R - R * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Deflexión en un punto cualquiera de la curva: Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado. Se lo representa como θ y su fórmula es:

$$\theta = \frac{G_c * 1}{20}$$

Cuerda: Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se la representa con la letra “C” y su fórmula es:

$$C = 2R * \sen \frac{\theta}{2}$$

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama *cuerda larga*. Se la representa con las letras “CL” y su fórmula es:

$$CL = 2R * \sen \frac{\alpha}{2}$$

Ángulo de la cuerda: Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente de la vía y la cuerda. Su representación es “ ϕ ” y su fórmula para el cálculo es:

$$\phi = \frac{\theta}{2} \quad \text{ó} \quad \phi = \frac{G_c * 1}{40}$$

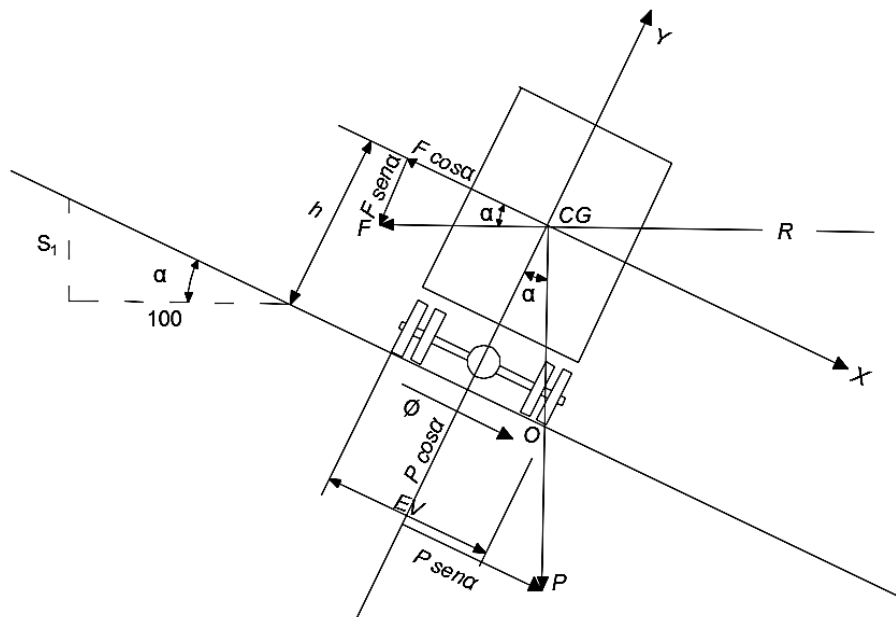
El ángulo para la cuerda larga se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{G_c * L_c}{40}$$

c) Peralte

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso del vehículo y por la fuerza de fricción desarrollada entre las llantas y la calzada, pero estas fuerzas no son suficientes para impedir el deslizamiento lateral, por lo tanto es necesario introducir el peralte de la curva, dándole al camino una inclinación transversal, de tal manera que sea esta inclinación la que absorba parte del valor de la fuerza centrífuga.

Gráfico N° 9: Estabilidad del vehículo en las curvas



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

La inestabilidad debida a la fuerza centrífuga puede manifestarse de dos maneras: por deslizamientos o por volcamiento.

La fórmula para el cálculo del peralte es:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

- e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada).
- V = Velocidad de diseño, Km/h.
- R = Radio de la curva, m.
- f = Máximo coeficiente de fricción lateral

Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h.

Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuanto los siguientes criterios para evitar:

- Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, sub-base, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.
- Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.
- El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

Desarrollo del peralte

Para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte, es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada. Este cambio no puede realizarse bruscamente, sino gradualmente a lo largo de la vía entre este par de

secciones. A este tramo de la vía se le llama transición del peraltado. (Cárdenas, 2002, p. 162).

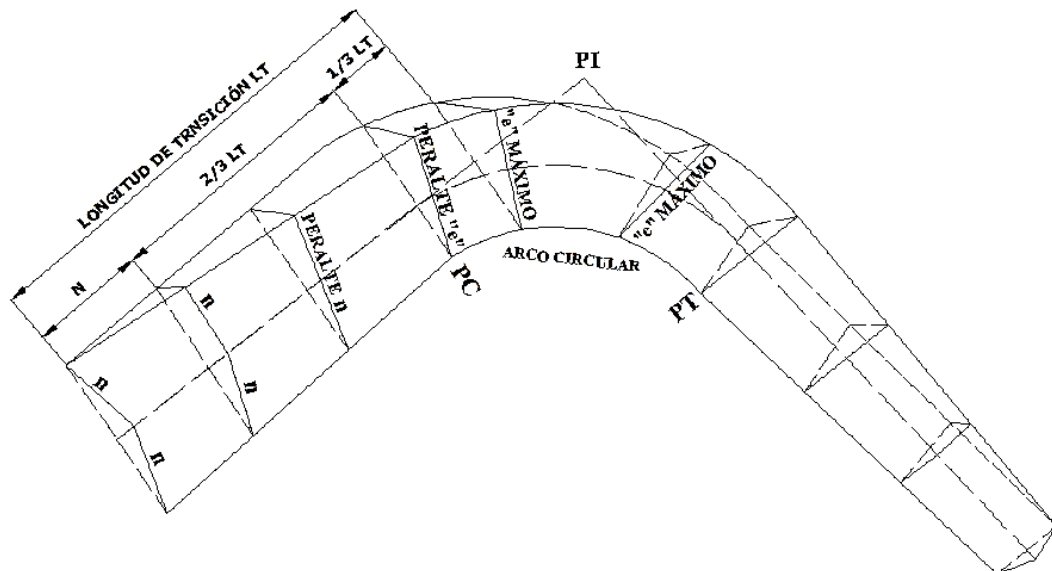
Existen tres métodos para realizar la transición del bombeo al peralte:

1. Haciendo girar la calzada alrededor de su eje (para terrenos montañosos).
2. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior (para terrenos en llano).
3. Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

El método que se adopte depende en gran parte de la topografía del terreno y de las facilidades de drenaje.

Cuando el desarrollo del peralte se lo hace sin la curva de enlace, la longitud de transición se ubica $2/3$ en la alineación recta y el $1/3$ dentro de la curva circular. Para casos difíciles (sin espirales), el peralte puede desarrollarse la mitad ($0.5 L$) en la recta y la mitad en curva circular.

Gráfico N° 10: Diagrama de transición del peralte



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Los valores recomendados de las gradientes longitudinales “ i ” para el desarrollo del peralte se ubican en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 11: Gradiente longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte

V_D Km/h	Valor de (i) %	Máxima pendiente equivalente
20	0.800	1:125
25	0.775	1:129
30	0.750	1:133
35	0.725	1:138
40	0.700	1:143
50	0.650	1:154
60	0.600	1:167
70	0.550	1:182
80	0.500	1:200
90	0.470	1:213
100	0.430	1:233
110	0.400	1:250
120	0.370	1:270

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Longitud de transición

La longitud de transición sirve para efectuar la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes. La longitud mínima se determina según los siguientes criterios:

- ✓ La diferencia entre las pendientes longitudinales de los bordes y el eje de la calzada, no debe ser mayor a los valores máximos indicados en el cuadro anterior.
- ✓ La longitud de transición según el primer criterio debe ser mayor a la distancia necesaria de un vehículo que transita a una velocidad de diseño determinada durante 2 segundos es decir:

$$L_{mín} = 0.56V \quad Km/h$$

Valor considerado como mínimo absoluto que puede utilizarse solamente para caminos con relieve montañoso difícil, especialmente en las zonas de estribaciones y cruce de la cordillera de los Andes.

Longitud tangencial

En el caso de la curva circular es la longitud necesaria para empezar a inclinar transversalmente la calzada en la tangente a partir de un punto anterior al inicio de la transición de tal manera que la faja exterior de la calzada pase de su posición inclinada por el bombeo a la posición horizontal en el punto de inicio de la transición.

La longitud tangencial, también llamada de aplanamiento se obtiene según la siguiente fórmula (en función de la longitud de transición).

$$X = \frac{e' * L}{e}$$

Donde:

- e' = Pendiente lateral de bombeo, %.
- e = Peralte en la curva circular, %.
- L = longitud de transición del peralte, m.

d) Tangente intermedia mínima

Es la distancia entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente. En el caso de dos curvas circulares consecutivas, es la distancia entre el PT de la curva inicial y el PC de la curva siguiente.

Las longitudes de transición se dividen en: $2/3 L$ en tangente (antes del PC y después del PT), y $1/3 L$ en la curva, (después del PC y antes del PT), se aplica la siguiente fórmula:

$$T_{IM} = \frac{2L_1}{3} + \frac{2L_2}{3} + X_1 + X_2$$

Donde:

- T_{IM} = Tangente intermedia mínima , m
- $L_{1,2}$ = Longitud de transición , m
- $X_{1,2}$ = Longitud tangencial , m

La longitud mínima del arco circular (o transición de bombeo) = $1/3(L_1+L_2)$.

Cuando existen condiciones críticas, en el diseño geométrico, se puede optar por una solución, que sin ser la óptima, permite adaptar mejor el proyecto a las condiciones topográficas existentes. Esta solución consiste en distribuir la longitud de transición, 50% en tangente y 50% en la curva circular.

En este caso se aplicará la siguiente fórmula:

$$T_{IM} = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + X_1 + X_2$$

Si $L_1 = L_2$ entonces: $T_{IM} = L_1 + 2X_1$

La longitud mínima del arco circular = $1/2 (L_1 + L_2)$

Para situaciones extremadamente críticas y en caminos clase IV o V, con bajas velocidades de diseño, y únicamente en casos puntuales se podrá optar por la solución de distribuir la longitud de transición 100 % dentro del arco de curva circular, en cuyo caso la longitud de la curva circular deberá ser igual o mayor al doble de la longitud de transición.

$$T_{IM} = X_1 + X_2$$

$$\text{Si } L_1 = L_2 \quad \rightarrow \quad T_{IM} = 2X_1$$

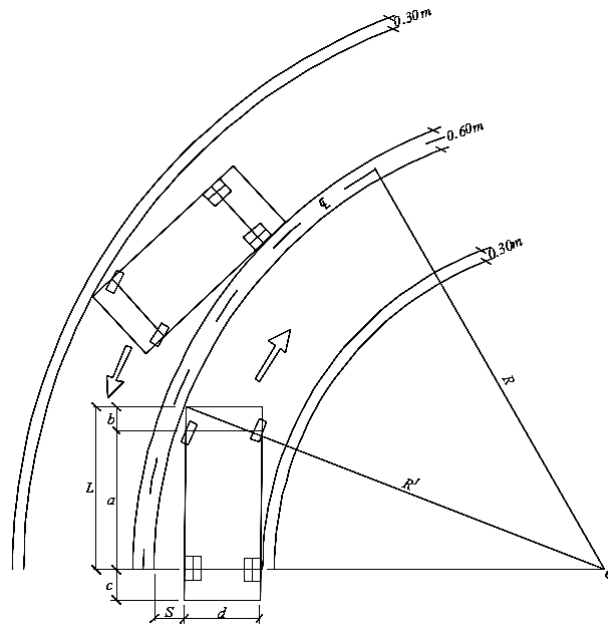
e) El sobreancho en las curvas

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto se debe a que por la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente.

En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de en recta, la calzada en las

curvas debe ensancharse. Este aumento del ancho se denomina Sobreancho de la curva. (Cárdenas, 2002, p. 227).

Gráfico N° 11: Sobreancho en las curvas



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 2002.

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

Donde:

- S = Valor de sobreancho, metros.
- n = Número de carriles de la calzada.
- R = Radio de la curva circular, metros.
- L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros.
- V = Velocidad de diseño, Km/hora.

Por razones de costo se establece el valor mínimo de diseño del sobreancho igual a 30 cm para velocidades de hasta 50 Km/h y de 40 cm para velocidades mayores.

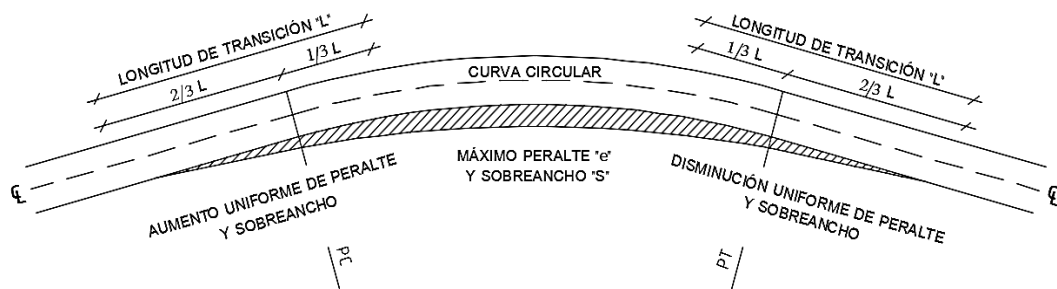
El ensanchamiento debe obtenerse gradualmente desde los accesos a la curva, a fin de asegurar un alineamiento razonablemente gradual del borde del pavimento y

coincidir con la trayectoria de los vehículos que entran o salen de una curva. (MOP, 2003).

A continuación se indican los puntos fundamentales que conciernen al diseño en este aspecto y son aplicables a ambos extremos de las curvas horizontales:

1. En curvas simples, sin espirales, el ensanchamiento debe hacerse con respecto al borde interno del pavimento solamente.
2. El ensanchamiento debe obtenerse gradualmente sobre la longitud de desarrollo del peralte, aunque a veces pueden utilizarse longitudes menores.
3. En los alineamientos sin espirales, el ensanchamiento debe realizarse progresivamente a lo largo de la longitud de desarrollo del peralte, esto es, $2/3$ en la tangente y $1/3$ dentro de la curva, y en casos difíciles, 50% en la tangente y 50% dentro de la curva. (MOP, 2003).

Gráfico N° 12: Transición del peralte y sobreebancho



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

2.4.2.5.4 Alineamiento vertical

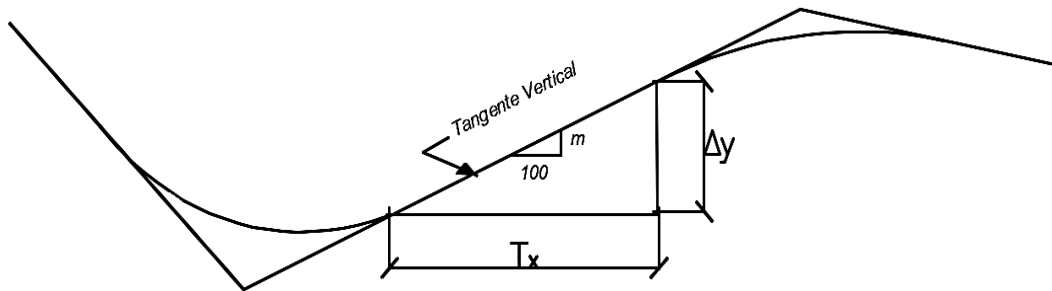
El diseño geométrico vertical de una carretera o alineamiento en perfil, es la proyección del eje de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. A este eje también se le denomina rasante o subrasante.

El eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales. El alineamiento a proyectar está en directa correlación con la topografía del terreno natural. (Cárdenas, 2002, p. 265).

a) Tangentes verticales

Las tangentes sobre un plano vertical se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas.

Gráfico N° 13: Tangente vertical



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 2002.

La longitud T_x de la tangente vertical, es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente y la pendiente m de la tangente vertical, es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma. (Cárdenas, 2002, p. 266).

Gradientes

Las gradientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

Gradientes máximas

Cuadro N° 12: Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (%)

Clase de carretera	Valor recomendado			Valor absoluto		
	L	O	M	L	O	M
RI o RII > 8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I 3000 a 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II 1000 a 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III 300 a 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV 100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V Menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

La gradiente y longitud máximas, pueden adaptarse a los siguientes valores:

Para gradientes del:

8 – 10%,	La longitud máxima será de:	1.000 m.
10 – 12%,		500 m.
12 – 14%,		250 m.

En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1%, en tramos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción. (Para las vías de 1°, 2° y 3° clase).

Gradientes mínimas

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5%. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia.

b) Curvas verticales

“Una curva vertical es aquel elemento de diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúe el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado”. (Cárdenas, 2002, p. 268).

Curvas verticales convexas

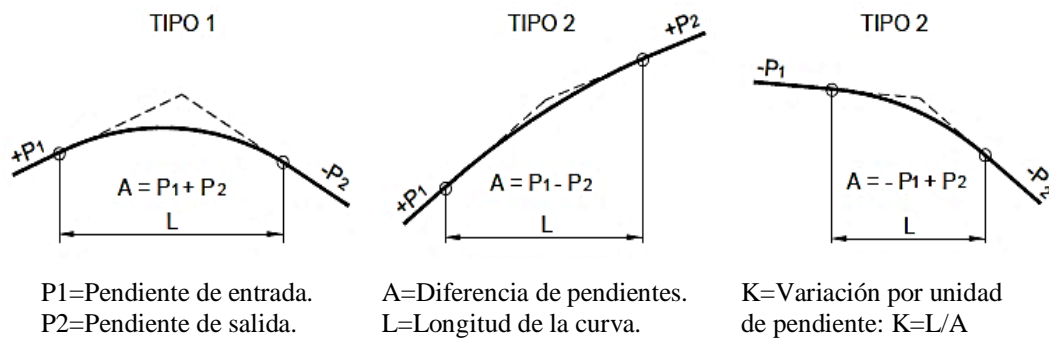
La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{AS^2}{426}$$

En donde:

- L = longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.
- A = diferencia algébrica de las gradientes, expresada en porcentaje.
- S = distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

Gráfico N° 14: Curvas verticales convexas



Fuente: Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG – 2013.

Cuadro N° 13: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas

Clase de carretera	Valor recomendable			Valor absoluto		
	L	O	M	L	O	M
RI o RII > 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I 3000 a 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II 1000 a 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III 300 a 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV 100 a 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V Menos de 100 TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Curvas verticales cóncavas

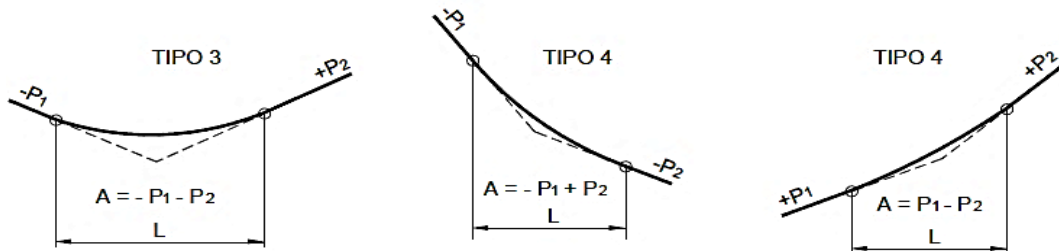
Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo.

La siguiente fórmula indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad de parada.

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S}$$

La fórmula anterior se basa en una altura de 60 centímetros para los faros del vehículo y un grado de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo.

Gráfico N° 15: Curvas verticales cóncavas



P1=Pendiente de entrada.
P2=Pendiente de salida.

A=Diferencia de pendientes.
L=Longitud de la curva.

K=Variación por unidad de pendiente: $K=L/A$

Fuente: Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG – 2013.

Cuadro N° 14: Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas

Clase de carretera	Valor recomendable			Valor absoluto		
	L	O	M	L	O	M
RI o RII > 8000 TPDA	52	46	32	46	32	24
I 3000 a 8000 TPDA	43	38	24	38	24	13
II 1000 a 3000 TPDA	38	31	19	31	24	10
III 300 a 1000 TPDA	31	24	13	24	13	6
IV 100 a 300 TPDA	24	13	10	13	5	3
V Menos de 100 TPDA	13	10	6	10	5	3

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

La longitud de una curva vertical convexa y cóncava en su expresión más simple es:

$$L = K A$$

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas y cóncavas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{\text{mín}} = 0,60 V$$

En donde, V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

Para el diseño de este tipo de curvas es importante tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ *Curvas convexas*: controladas por la distancia de visibilidad de parada.
- ✓ *Curvas cóncavas*: controladas por la luz de los vehículos en la noche, el confort, drenaje, distancia de parada y apariencia.

2.4.2.5.5 Sección transversal

El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. De esta manera, se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover. (Cárdenas, 2002, p. 349).

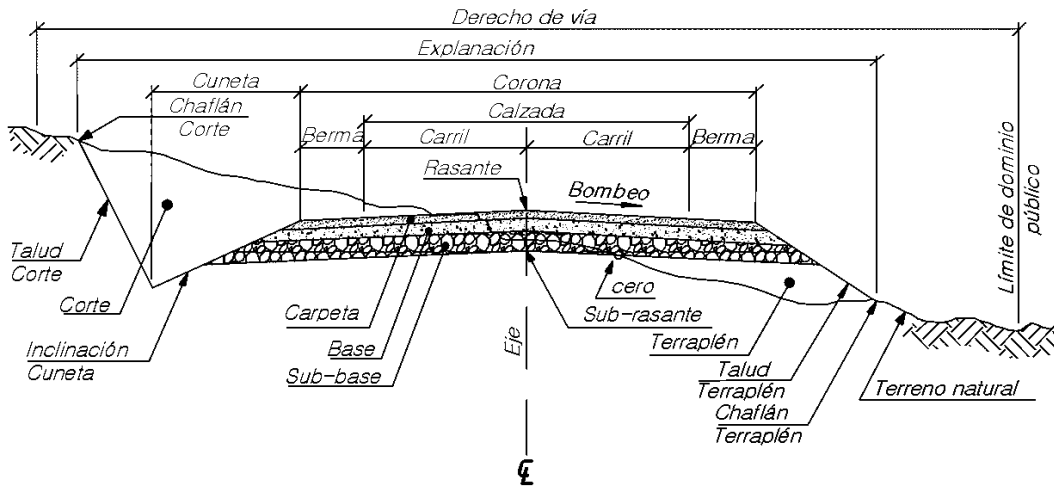
La sección transversal típica a adoptarse para una carretera depende casi exclusivamente del volumen de tráfico y del terreno y por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiada para dicha carretera. En la selección de las secciones transversales deben tomarse en cuenta los beneficios a los usuarios, así como los costos de mantenimiento. (MOP, 2003).

Los elementos que conforman la sección transversal de una vía son los siguientes:

Derecho de vía.- Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico.

Explanación.- Corresponde a la faja de terreno que ocupa la construcción de la vía, es decir, desde los bordes extremos de las laterales.

Gráfico N° 16: Sección transversal típica de una vía



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales, 2002.

Corona.- Es la sección que está formada por la calzada y los espaldones, por lo tanto, el ancho de corona es la distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre las aristas interiores de las cunetas de un corte y/o entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén.

Calzada.- O superficie de rodamiento, es aquella parte de la sección transversal destinada a la circulación de los vehículos, constituida por uno o más carriles para uno o dos sentidos.

El ancho de la calzada se determina en función del volumen y composición del tráfico (dimensiones del vehículo de diseño) y de las características del terreno.

Cuadro N° 15: Ancho de calzada

Clase de carretera	Ancho de la calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
RI – RII > 8000 TPDA	7.30	7.30
I 3000 a 8000 TPDA	7.30	7.30
II 1000 a 3000 TPDA	7.30	6.50
III 300 a 1000 TPDA	6.70	6.00
IV 100 a 300 TPDA	6.00	6.00
V Menos de 100 TPDA	4.00	4.00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Carril.- Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

Bombeo.- Es la pendiente transversal que tiene la calzada en los tramos rectos y va del eje hacia los bordes, ésta tiene como objetivo facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias hacia los espaldones y cunetas.

Cuadro N° 16: Clasificación de superficies de rodadura

Clase de carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal (%)
RI – RII > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1.5 – 2
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1.5 – 2
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2
IV 100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2.5 – 4*
V Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4

* Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Espaldón.- Es la parte contigua a la calzada necesaria para el estacionamiento temporal de vehículos, las maniobras de emergencia y el soporte lateral del pavimento.

Cuadro N° 17: Valores de diseño para el ancho de espaldones

Clase de Carretera	Ancho de espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(1.2)
RI – RII > 8000 TPDA	3.0*	3.0*	2.5*	3	3.0*	2.0*
I 3000 a 8000 TPDA	2.5*	2.5*	2.0*	2.5**	2.0**	1.5**
II 1000 a 3000 TPDA	2.5*	2.5*	1.5*	2.5	2.0	1.5
III 300 a 1000 TPDA	2.0**	1.5**	1.0*	1.5	1.0	0.5
IV 100 a 300 TPDA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal).					
	L = Terreno Llano		O = Terreno Ondulado		M = Terreno Montañoso	
	* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.					
	** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente.					

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Cuneta.- Son canales triangulares o trapezoidales que se construyen, en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el

agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un drenaje natural ó a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera.

Talud.- Son las superficies laterales inclinadas que limitan la explanación. Si la sección es de corte, el talud empieza enseguida de la cuneta. Si la sección es en terraplén, el talud se inicia en el borde del espaldón.

Cuadro N° 18: Valores de diseño recomendables de los taludes en terrenos planos

Clase de carretera	Talud	
	Corte	Relleno
RI – RII > 8000 TPDA	3:1* **	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1.8 - 1:1	1.5 – 2:1
V Menos de 100 TPDA	1.8 – 1:1	1.5 – 2:1
* Horizontal	** Vertical	

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Chaflán.- O estaca extrema de talud, es el punto donde el talud de corte o terraplén encuentra el terreno natural.

2.4.2.6 Diseño del pavimento

Pavimento

“Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos”. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, 2008, p. 271).

En el diseño del pavimento se debe de tener en cuenta ciertos parámetros como son el tránsito, la subrasante, el clima y los materiales disponibles.

Para que el tránsito de vehículos sea de forma segura, cómoda, eficiente y económica durante el periodo de tiempo para el que fue diseñado, el pavimento debe cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Regularidad superficial longitudinal y transversal.
- ✓ Rápida eliminación del agua superficial.
- ✓ Capacidad para soportar las cargas.
- ✓ Bajo nivel de ruido.
- ✓ Bajo nivel de desgaste de las llantas.
- ✓ Adecuadas propiedades de reflexión luminosa.
- ✓ Apariencia agradable. (Romero y Zagaceta, 2008, p. 17).

Tipos de pavimentos

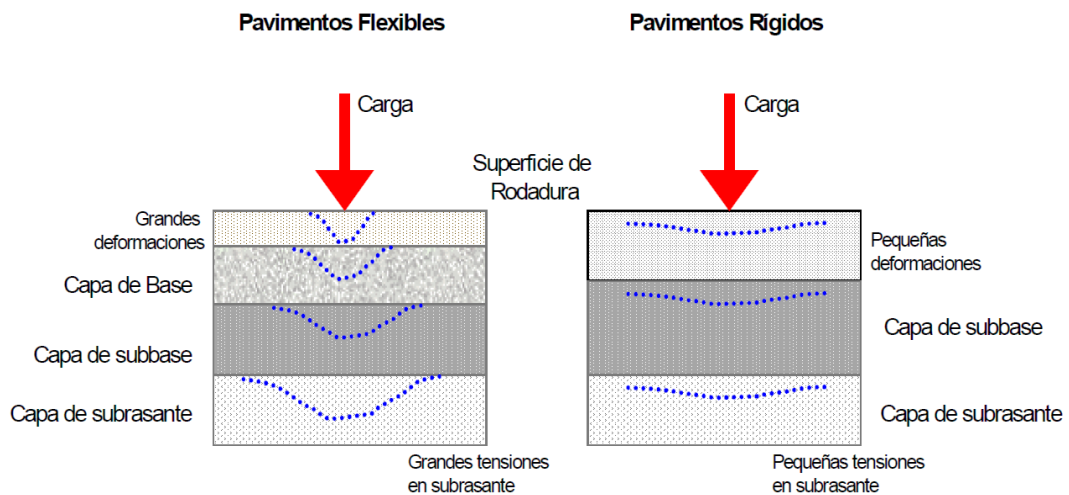
Pavimentos flexibles: Son aquellos pavimentos que se adaptan a las deformaciones del suelo sin que parezcan tensiones adicionales. Se caracterizan por estar conformados principalmente de una capa bituminosa, que se apoya en otras capas inferiores llamadas base y sub-base.

Pavimentos semi-rígidos: Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas de pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

Pavimentos rígidos: Son aquellos que no se adaptan a las deformaciones del subsuelo y que además resisten a las tensiones de tracción. Se constituyen principalmente de una capa de concreto hidráulico y de materiales seleccionados como aglomerantes, arenas y toda clase de material granular.

Pavimentos articulados: Están compuestos por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricado llamados adoquines y los empedrados. (Apuntes de Pavimentos, Ing. Frixon Moreira, 2012).

Gráfico N° 17: Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, 2002.

Capas de la estructura del pavimento flexible

❖ Terreno de fundación o terreno natural

Sirve de base para la estructura del pavimento, después de haber terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado tiene las secciones transversales y las pendientes especificadas.

❖ Superficie o subrasante

Superficie superior de la obra básica, preparada como fundación de la estructura de pavimento y de los espaldones.

❖ Sub-base

Capa de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.

Esta capa cumple las siguientes funciones:

- ✓ Servir de capa de drenaje del pavimento.
- ✓ Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y disminuir la plasticidad que perjudican el material de la subrasante o terreno de fundación.
- ✓ Controlar la capilaridad del agua, proveniente de niveles freáticos infrayacentes cercanos.
- ✓ Este material debe ser seleccionado y con mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado.

El MTOP clasifica a las sub-bases de la siguiente manera:

- **Sub-base clase 1:** Están conformados con agregados obtenidos por trituración de roca o grava, mezclados con arena natural o material finamente triturado.
- **Sub-base clase 2:** Están conformados con agregados obtenidos por cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de grava, mezclados con arena natural o material finamente triturado.
- **Sub-base clase 3:** Están conformados con material obtenido de la excavación para la plataforma o las minas, mezclados con arena natural o material finamente triturado.

Cuando se utilice sub-bases Clases 1 o 2 al menos el 30% de los agregados preparados deberán ser triturados.

Las sub-bases deben cumplir con los siguientes parámetros de granulometría:

Cuadro N° 19: Granulometría para las 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	--
1½" (38.1 mm)	100	70 – 100	--
N° 4 (4.75 mm)	30 – 70	30 – 70	30 – 70
N° 40 (0.425 mm)	10 – 35	15 – 40	--
N° 200 (0.075 mm)	0 – 15	0 – 20	0 – 20

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Deben tener los siguientes parámetros:

✓ CBR	→	$\geq 30\%$
✓ Límite líquido (LL)	→	≤ 25
✓ Índice plástico (Ip)	→	≤ 6
✓ % de desgaste en la máquina de los Ángeles	→	$\leq 50\%$

❖ Bases

Es la capa que tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, repartiendo uniformemente estos esfuerzos a la capa de sub-base y al terreno de fundación. Las bases pueden ser granulares o estar formadas por mezclas bituminosas, mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante. El material que se utiliza para la construcción de una base debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- ✓ No debe presentar cambios de volumen.

De acuerdo al MTOP las bases se clasifican en:

- **Base clase 1:** Son constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100%, mezclados necesariamente en planta.
- **Base clase 2:** Son constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, también deben ser mezclados en una planta central.
- **Base clase 3:** Son constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, mezclado preferentemente en planta.
- **Base clase 4:** Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas.

Las bases deben tener la siguiente granulometría:

Cuadro N° 20: Granulometría para las bases

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada				
	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2" (50.4 mm)	100	--	--	--	100
1½" (38.1 mm)	70 – 100	100	--	--	--
1" (25.4 mm)	55 – 85	70 – 100	100	--	60 – 90
¾" (19.0 mm)	50 – 80	60 – 90	70 – 100	100	--
3/8" (9.5 mm)	35 – 60	45 – 75	50 – 80	--	--
N° 4 (4.75 mm)	25 – 50	30 – 60	35 – 65	45 – 80	20 – 50
N° 10 (2.00 mm)	20 – 40	20 – 50	25 – 50	30 – 60	--
N° 40 (0.425 mm)	10 – 25	10 – 25	15 – 30	20 – 35	--
N° 200 (0.075 mm)	2 – 12	2 – 12	3 – 15	3 – 15	0 – 15

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Deben tener los siguientes parámetros:

- ✓ CBR → $\geq 80\%$
- ✓ Límite líquido (LL) → ≤ 25
- ✓ Índice plástico (Ip) → ≤ 6
- ✓ % de desgaste en la máquina de los Ángeles → $\leq 40\%$
- ✓ Desgaste por acción de los sulfatos → $\leq 12\%$

❖ Capa de rodadura

Tiene como función principal proteger la capa de base impermeabilizando su superficie para evitar las filtraciones del agua de lluvia. Evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos y en algunos casos ayuda a aumentar la capacidad de soporte.

❖ Rasante

Es la que corresponde a la superficie de rodadura e indica la línea de gradiente a nivel de la superficie de rodadura del camino.

2.4.2.7 Drenaje vial

El sistema de drenaje vial es de importancia vital para el funcionamiento y operación de la carretera; tiene cuatro funciones principales:

- a) Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada.
- b) Controlar el nivel freático.
- c) Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera.
- d) Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

Las primeras tres primeras funciones son realizadas por drenajes longitudinales tales como cunetas, cunetas de coronación, canales de encauzamiento, bordillos y subdrenes, mientras que la última función es realizada por drenajes transversales como las alcantarillas y puentes. (MOP, 2003).

El drenaje de una vía se presenta en dos formas:

a) Drenaje longitudinal

Canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros, arquetas y bajantes. (Bañón, 2000, p. 18-2).

El drenaje longitudinal comprende las obras de captación y defensa, cuya ubicación será necesario establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo. (MOP, 2003).

❖ Cunetas

Son canales que se construyen, en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un

drenaje natural ó a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera.

Localización, pendiente y velocidad

La cuneta se localizará entre el espaldón de la carretera y el pie del talud del corte. La pendiente será similar al perfil longitudinal de la vía, con un valor mínimo del 0.50% y un valor máximo que estará limitado por la velocidad del agua la misma que condicionará la necesidad de revestimiento.

El siguiente cuadro proporciona como norma de criterio la velocidad del agua, a partir de la cual se produce erosión en diferentes materiales. A pesar de los valores indicados, es práctica usual limitar la velocidad del agua en las cunetas a 3,00 m/s en zampeado y a 4,00 m/s en hormigón. (MOP, 2003).

Cuadro N° 21: Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales

Material	Velocidad m/s	Material	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4 – 4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 – 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5 – 7.5

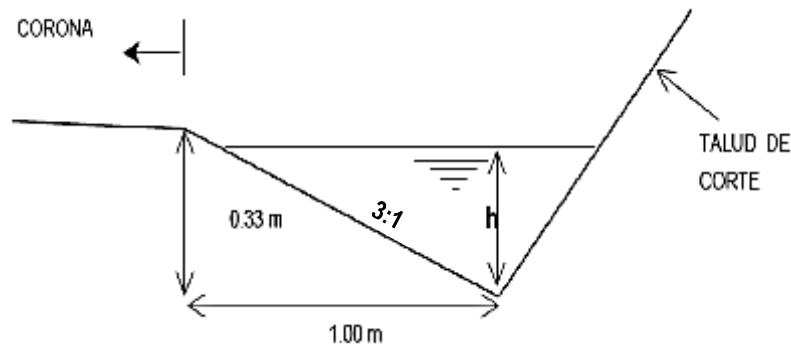
Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Forma de la sección

Las cunetas según la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales.

En las secciones triangulares se recomienda que el talud hacia la vía tenga como mínimo 3:1, preferentemente 4:1 y del lado del corte seguirá sensiblemente la inclinación del talud del mismo; considerando, para el caso, una lámina de agua no mayor a 30 cm.

Gráfico N° 18: Dimensiones típicas de cunetas triangulares



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

b) Drenaje transversal

Los sistemas de drenaje transversal están constituidos por elementos que transportan el agua y cruzan el eje de la carretera. Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo. (Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria del Ministerio de Transporte de Colombia, 2008, p. 10).

❖ Alcantarillas

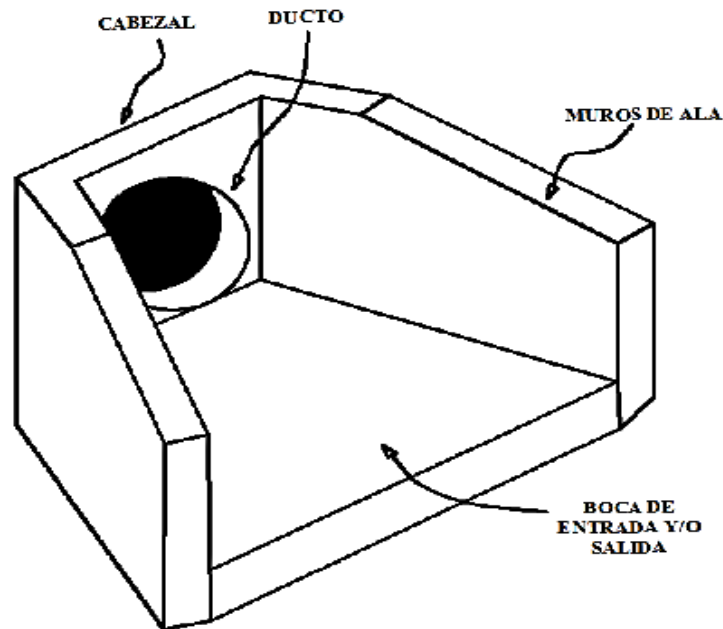
Las alcantarillas son conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de subrasante de una carretera, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, el agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos ó esteros, canales de riego, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera.

De acuerdo a las condiciones topográficas del corredor de la carretera, se puede considerar que las alcantarillas servirán para drenar: planicies de inundación o zonas inundables, cuencas pequeñas definidas ó para coleccionar aguas provenientes de cunetas.

Los elementos constitutivos de una alcantarilla son: el ducto, los cabezales, los muros de ala en la entrada y salida, y otros dispositivos que permitan mejorar las

condiciones del escurrimiento y eviten la erosión regresiva debajo de la estructura. (MOP, 2003).

Gráfico N° 19: Elementos de una alcantarilla



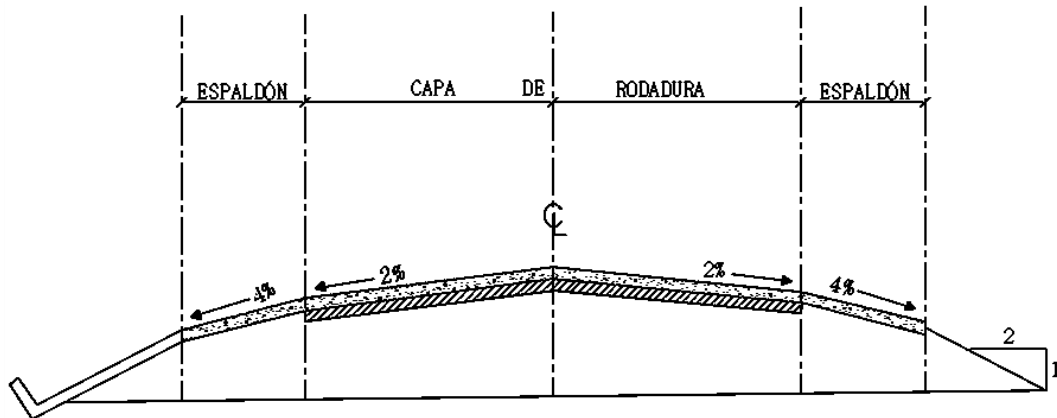
Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

De acuerdo con la forma de la sección transversal del ducto, las alcantarillas pueden ser: circulares, rectangulares, de arco, bóvedas ó de ductos múltiples.

❖ **Bombeo (pendiente transversal)**

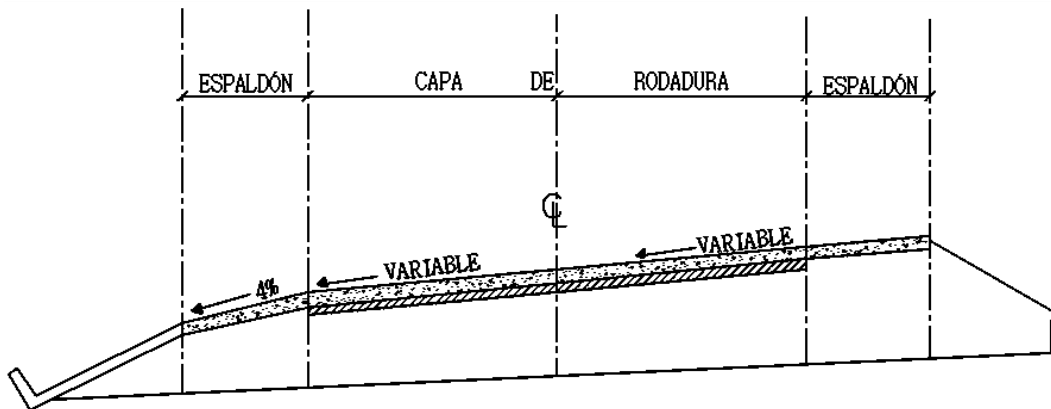
Se denomina bombeo a la pendiente transversal que se proporciona a la corona de la carretera para permitir que el agua que cae directamente, sobre ésta, escurra hacia sus espaldones. En las carreteras de dos carriles de circulación y en secciones en tangente es común que el bombeo de la capa de rodadura sea del 2% de pendiente y en los espaldones sea del 4%; en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobrelevación necesaria, de manera que la pendiente transversal se desarrollará sin discontinuidades, desde el espaldón más elevado al más bajo; sin embargo dentro de la transición de la sección en tangente a la de la curva, suele haber un sector donde se complica la conformación de una pendiente transversal adecuada, siendo éste un problema que deberá resolverse en cada caso, en el cual será conveniente considerar la existencia de la pendiente longitudinal.

Gráfico N° 20: Bombeo en sección tangente



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Gráfico N° 21: Bombeo en sección curva



Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

2.5 HIPÓTESIS

El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua incidirá positivamente en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1 Variable independiente

El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.

2.6.2 Variable dependiente

Desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación de campo.- La investigación es de campo puesto que fue necesario acudir al lugar de los hechos para observar el estado actual en el que se encuentra la vía y por ende recoger información valiosa como el inventario vial, el conteo del tráfico actual, el levantamiento topográfico y toma de muestras necesarias para realizar los ensayos, los mismos que ayudaron al desarrollo del proyecto.

Investigación bibliográfica – documental.- La investigación se torna bibliográfica porque requiere de información de libros, revistas e internet para la fundamentación teórica del proyecto, las especificaciones de las normas vigentes para realizar un buen diseño vial y datos censales obtenidos del INEC.

Investigación experimental – laboratorio.- Para diseñar la estructura del pavimento se realizaron ensayos en el laboratorio que ayuden a determinar el CBR de las muestras de suelo que se han tomado en el campo, siendo una investigación experimental.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nivel explorativo.- El emprendimiento de la investigación se desarrolló en base a la aplicación de encuestas a los pobladores de las comunidades de Potreropamba, La Clementina y Salate para conocer las condiciones de vida de los mismos, también fue necesario observar el estado en el que se encuentra dicha vía y tener conversaciones con los habitantes de la zona para conocer ciertos problemas que se han presentado por no contar con una red vial adecuada.

Nivel descriptivo.- Conlleva a un análisis más profundo de la situación económica y social de los habitantes que se ven afectados por la ineficiente infraestructura vial, lo que permitió plantear la mejor solución.

Asociación de variables.- Establece la correlación que tienen las variables, por lo que al contar con vías en condiciones deplorables, esto no permite que se desarrolle la población en su aspecto social y económico mediante la agricultura, la ganadería, el comercio y porque no el turismo, lo que ha obligado que se busque una solución con un buen diseño geométrico y del pavimento.

Nivel explicativo.- Por último, se tuvo que dar una explicación del por qué se ha tomado como solución al problema el diseño geométrico y de la estructura del pavimento para dicha vía, en base a los criterios emitidos por el MTOP y otras normas vigentes.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

Se ha tomado como la población o universo a quienes se beneficiarán directamente con la ejecución del proyecto, tanto de la comunidad de La Clementina como de Salate, según los directivos de dichas comunidades manifiestan que cuentan con 61 y 92 viviendas respectivamente, dando un total de 153 viviendas y por consiguiente una población de 612 habitantes.

3.3.2 Muestra

La muestra para el proyecto se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1} = \frac{612}{0.08^2(612 - 1) + 1} = 125 \text{ personas}$$

Donde: n = Tamaño de la muestra.

N = Población

E = Error de muestreo (8%).

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 Variable independiente

El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.

Cuadro N° 22: Operacionalización de la variable independiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
Diseño geométrico: Es la técnica que permite determinar las características geométricas de una vía en sus tres dimensiones que son horizontal, vertical y transversalmente, a partir de factores como el tránsito, la topografía y velocidades, de tal forma que se pueda circular por ella de manera cómoda y segura.	Alineamiento Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de diseño. - Distancias de visibilidad. -Tangentes horizontales. - Curvas circulares. - Peralte. - Longitud de transición. - Sobre ancho de las curvas. 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué tipo de vía se va a diseñar? - ¿Cuál es la velocidad de diseño? - ¿Cuál es el diseño que mejor se adapta a las condiciones topográficas? - ¿Cuál es el radio mínimo para el diseño de las curvas? - ¿Cuáles son las pendientes mínimas y máximas de las tangentes? - ¿Cuál es la sección óptima para el tipo de vía a diseñarse? ¿Cuáles son los volúmenes de corte y relleno? 	Estación total. GPS Inventario vial. Normas de Diseño Geométrico del MTOP. Software para realizar el diseño geométrico. Software para el cálculo de volúmenes de tierra.
	Alineamiento Vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Tangentes verticales. - Gradientes máximas y mínimas. - Curvas Circulares cóncavas y convexas. 		
	Sección Transversal	<ul style="list-style-type: none"> - Calzada. - Carriles. - Bombeo. - Cunetas. - Taludes. - Movimiento de tierras. 		
Estructura del pavimento: Son capas superpuestas sobre la subrasante, diseñada y construida para resistir los esfuerzos de las cargas de los vehículos.	Subrasante Sub-base Base Capa de Rodadura	<ul style="list-style-type: none"> - TPDA. - Granulometría. - Límites de consistencia. - Contenido de humedad. - CBR - Resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles. 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el tráfico futuro? - ¿Cuáles son las propiedades de la subrasante? - ¿Cuáles son las dimensiones de las capas del pavimento? 	Registro del Tráfico Normas INEN Especificaciones MOP Método AASHTO-93

Fuente: Autora

3.4.2 Variable dependiente

Desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

Cuadro N° 23: Operacionalización de la variable dependiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
Desarrollo socioeconómico: Es el proceso en el cual da como resultado una mejor calidad de vida.	Desarrollo social.	- Salud - Educación	¿Permitirá la vía tener mayor acceso a los centros de salud y educación?	- Observación - Ficha de observación - Encuesta - Cuestionario
	Desarrollo económico.	- Agricultura - Turismo - Comercio	¿Mejorará la economía de la zona la construcción de la vía?	- Observación - Ficha de observación - Encuesta - Cuestionario

Fuente: Autora

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Cuadro N° 24: Plan de recolección de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Realizar el diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía, lo cual incidirá positivamente en el desarrollo socioeconómico de los habitantes del sector.
2. ¿A quiénes?	Pobladores de las comunidades de Potreropamba, La Clementina y Salate.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Topografía, tráfico, características del suelo, diseño geométrico, diseño del pavimento, diseño hidrológico y el desarrollo socioeconómico de los habitantes.
4. ¿Quién?	La investigadora Egda. Nancy Sánchez
5. ¿Cuándo?	Enero 2015 - Julio 2015.
6. ¿Dónde?	Comunidades de Potreropamba, La Clementina y Salate, Parroquias Chiquicha y Pelileo, Cantón San Pedro de Pelileo.
7. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación y encuesta.
8. ¿Con qué instrumentos?	Cuestionario, Normas de Diseño del MTOP, Softwares especializados y equipos topográficos.

Fuente: Autora

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se emplearon programas computacionales que permiten obtener los resultados de una forma rápida de la siguiente manera:

- ✓ Los datos obtenidos de la encuesta se procedió a tabularlos mediante tablas y gráficos para obtener conclusiones, esto permitió tener un criterio global de los aspectos socioeconómicos de la población y del por qué es necesario realizarse el estudio previsto.
- ✓ Los datos obtenidos del levantamiento topográfico permitieron realizar el diseño geométrico de forma horizontal, vertical y sección transversal de la carretera mediante el uso de un software apropiado y la aplicación de las normas vigentes.
- ✓ La información obtenida del conteo manual del tráfico ayudó a estimar el TPDA y el tráfico posible a desplazarse en la vía en un futuro y a determinar el tipo de vía para diseñarla de acuerdo a las normas vigentes.
- ✓ Los datos obtenidos de los ensayos permitieron conocer las características físico-mecánicas del suelo, pero sobretodo la capacidad de soporte del mismo (CBR) con lo que se puede determinar si es necesario o no realizar un mejoramiento de la subrasante.

Toda esta información permitió establecer conclusiones y recomendaciones, y por ende comprobar la hipótesis planteada.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

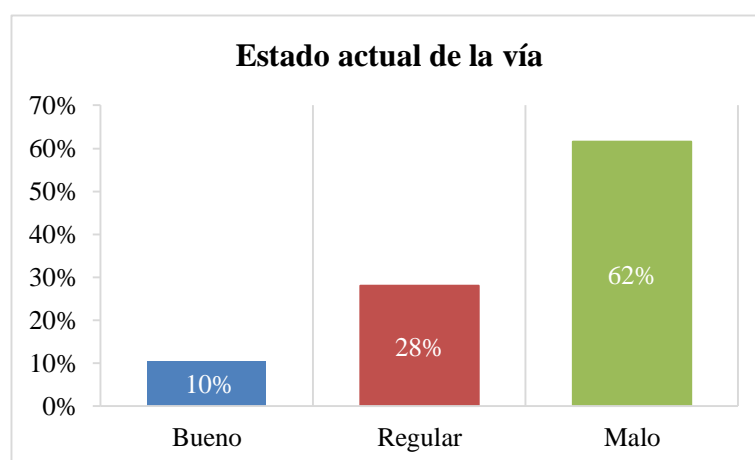
4.1.1 Análisis de resultados de la encuesta

Mediante la aplicación de la encuesta se pudo conocer aspectos importantes como las condiciones de vida de los pobladores tanto sociales como económicas y por ende la necesidad de contar con un sistema de comunicación en buen estado. La encuesta se aplicó a una muestra de 125 habitantes quienes se beneficiarán directamente con el uso de la vía, cuyos resultados se muestran a continuación:

Pregunta N°1

¿Cómo considera usted el estado actual de la vía?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Bueno	13	10%
Regular	35	28%
Malo	77	62%
Total	125	100%

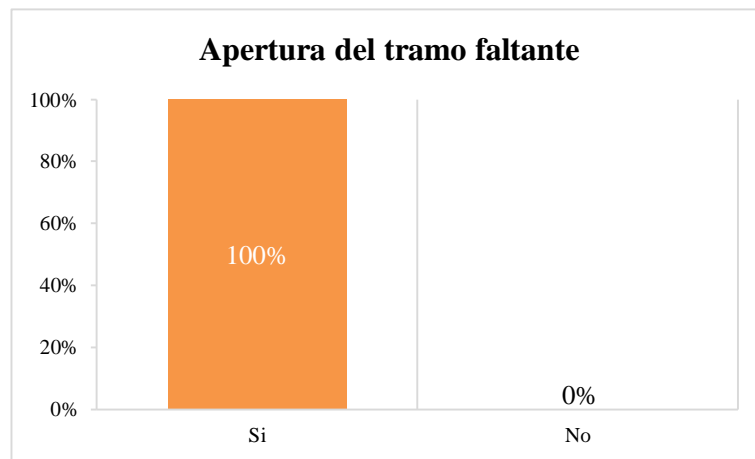


Conclusión: El 10% de los encuestados señalan que la vía se encuentra en buen estado, el 28% manifiestan que la vía se encuentra en estado regular y el 62% dicen que la vía se encuentra en estado malo.

Pregunta N°2

¿Cree usted que es importante realizarse la apertura del tramo faltante de la vía?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Si	125	100%
No	0	0%
Total	125	100%

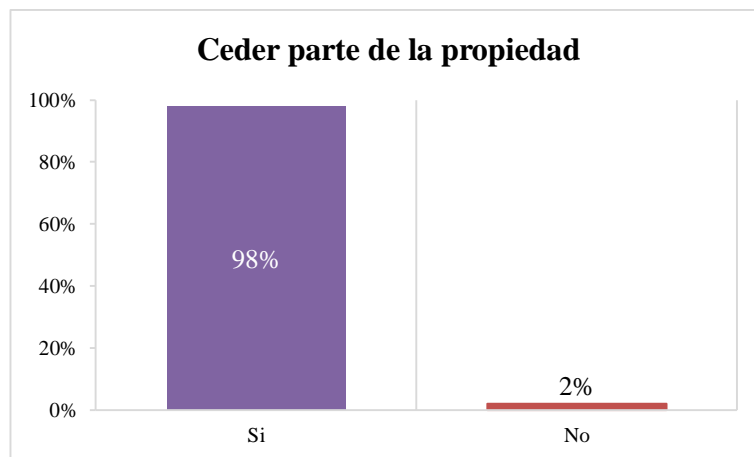


Conclusión: El 100% de las personas encuestadas revelan que es importante que se realice la apertura del tramo faltante de la vía.

Pregunta N°3

¿Estaría dispuesto usted a ceder parte de su propiedad si el proyecto así lo requiere?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Si	122	98%
No	3	2%
Total	125	100%

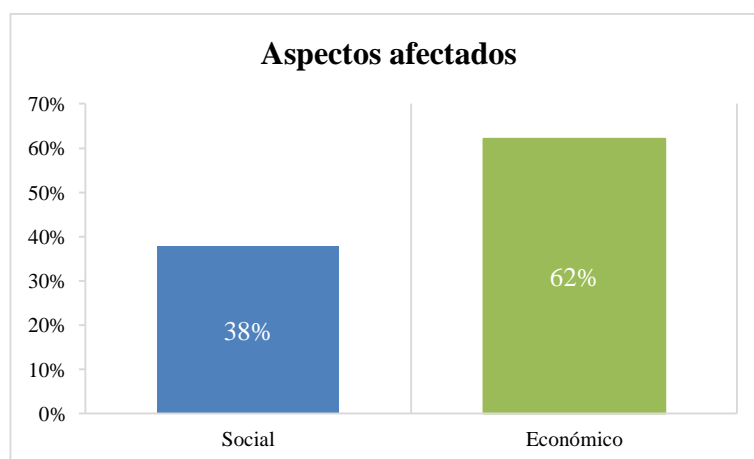


Conclusión: El 98% de la muestra encuestada declaran que cederían parte de su propiedad si el proyecto así lo requiere y el 2% en cambio emiten lo contrario.

Pregunta N°4

¿Qué aspecto cree usted que se ve más afectado por las condiciones en las que se encuentra la vía?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Social	47	38%
Económico	78	62%
Total	125	100%

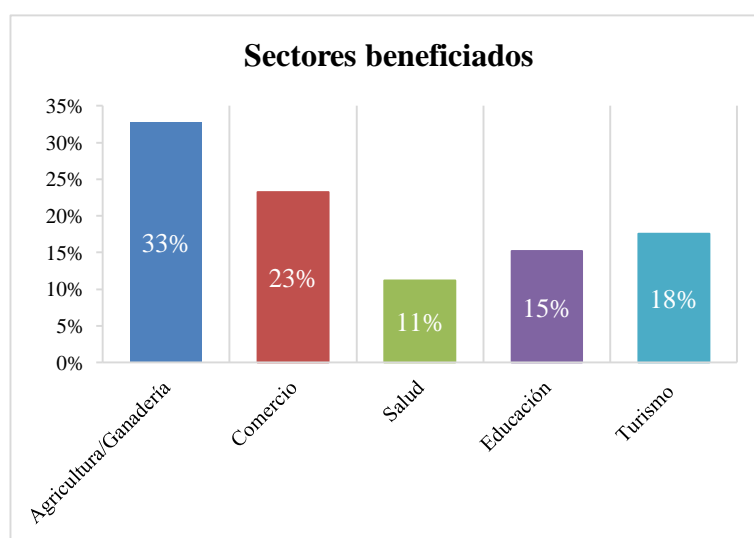


Conclusión: El 62% de los habitantes encuestados declaran que el aspecto económico se ve más afectado por las condiciones en las que se encuentra la vía, mientras que el 38% expresan que es el aspecto social.

Pregunta N°5

¿Qué sector resultaría más beneficiado con la ejecución del proyecto?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Agricultura/Ganadería	41	33%
Comercio	29	23%
Salud	14	11%
Educación	19	15%
Turismo	22	18%
Total	125	100%

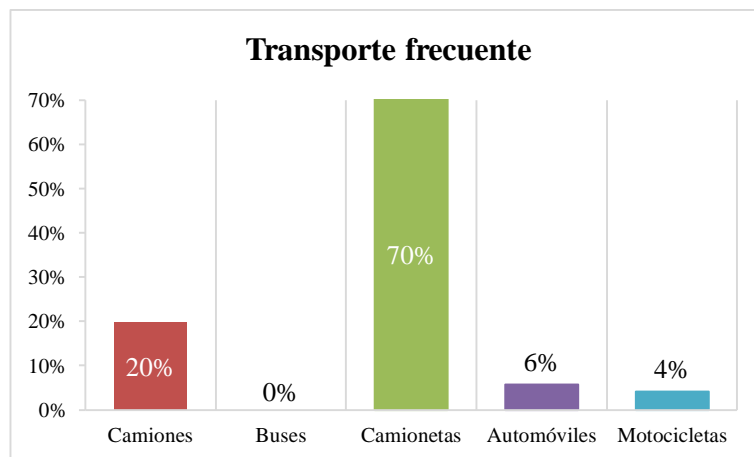


Conclusión: El 33% de los encuestados afirman que la agricultura y ganadería serían más beneficiados, el 23% declaran que sería el comercio, el 18% enuncian que el sector turístico se beneficiaría más, el 15% testifican que el beneficio sería para la educación y finalmente el 11% aseveran que verían un beneficio en la salud.

Pregunta N°6

¿Qué tipo de transporte circula actualmente con mayor frecuencia?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Camiones	25	20%
Buses	0	0%
Camionetas	88	70%
Automóviles	7	6%
Motocicletas	5	4%
Total	125	100%

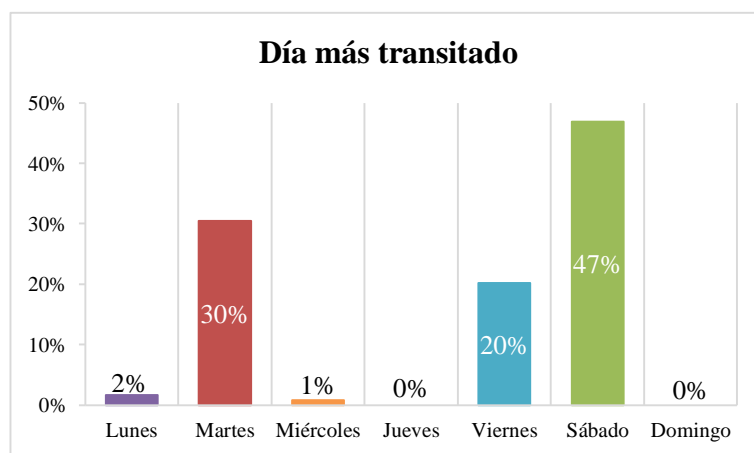


Conclusión: El 70% de las personas encuestadas ratifican que las camionetas son el tipo de transporte más frecuente del sector, el 20% dicen que los camiones pasan continuamente, el 6% indican que son los automóviles y el 4% señalan que son las motocicletas.

Pregunta N°7

¿Cuál es el día de mayor transitabilidad en la vía?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Lunes	2	2%
Martes	38	30%
Miércoles	1	1%
Jueves	0	0%
Viernes	25	20%
Sábado	59	47%
Domingo	0	0%
Total	125	100%

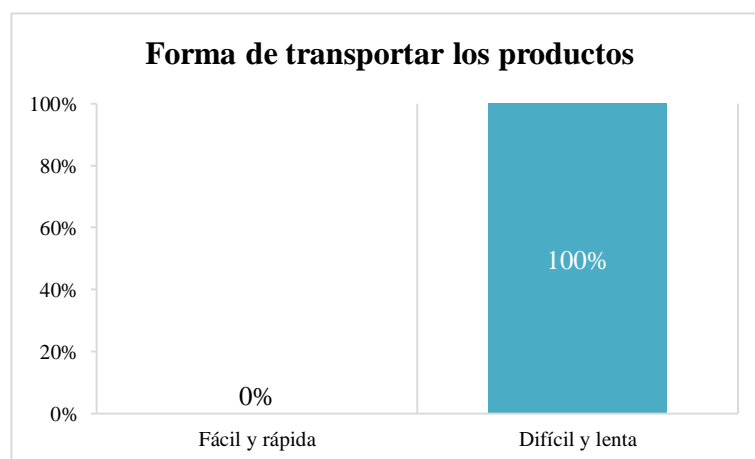


Conclusión: El 47% de los encuestados confirman que el día más transitado es el sábado, el 30% indican que es el día martes, el 20% aseguran que es el día viernes y el 2% y 1% declaran que es el día lunes y miércoles respectivamente.

Pregunta N°8

¿Con las condiciones actuales de la vía, de qué forma considera usted que se realiza el transporte de los productos agrícolas a los centros de expendio?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Fácil y rápida	0	0%
Difícil y lenta	125	100%
Total	125	100%

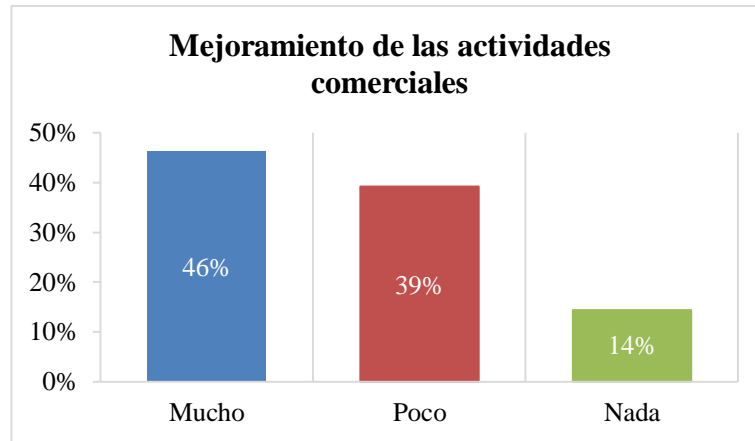


Conclusión: El 100% de la muestra declara que con las condiciones actuales de la vía el transporte de los productos agrícolas a los centros de expendio se torna difícil y lenta.

Pregunta N°9

¿Si el proyecto se realizara, en qué medida cree usted que mejorarían las actividades comerciales del sector?

Respuesta	N° Personas	Porcentaje
Mucho	58	46%
Poco	49	39%
Nada	18	14%
Total	125	100%



Conclusión: El 46% de las personas encuestadas indican que al realizarse el proyecto mejorarían mucho las actividades comerciales del sector, el 39% lo afirman que se mejoraría un poco y el 14% revelan que no se mejorarían las actividades comerciales.

4.1.2 Análisis de resultados del estudio topográfico

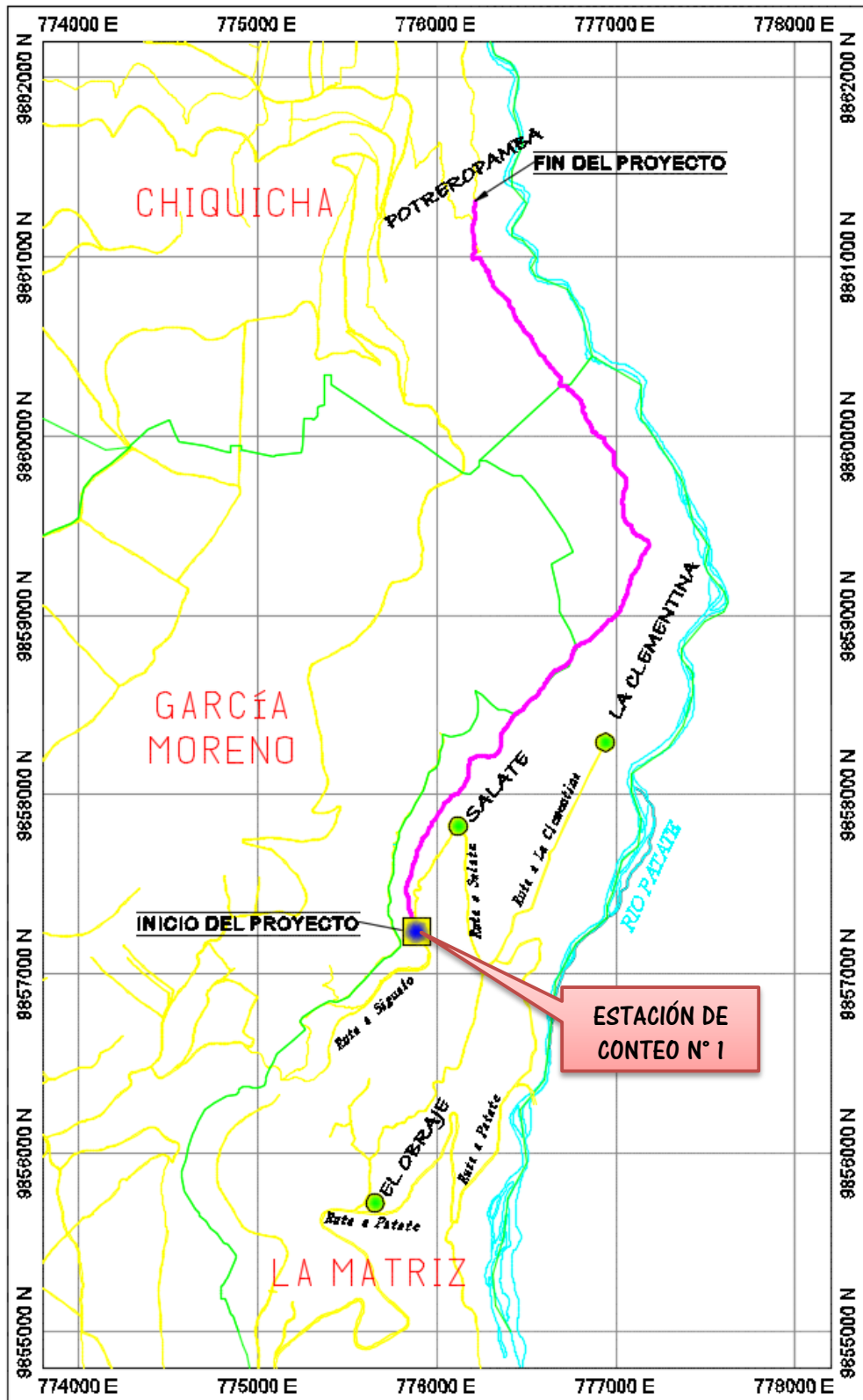
Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total Trimble, se inició en la comunidad de Salate (Km 0+000) y se concluyó en la comunidad de Potreropamba (Km 5+313.77), en vista de que la longitud total de la vía en estudio atraviesa un sistema montañoso, se hizo necesario tomar puntos desde su eje hasta 40 metros a cada lado como fuese posible, formando así un ancho de faja de 80 metros, suficientes para realizar el mejoramiento y la apertura del tramo faltante sin que se tenga inconvenientes en el diseño de la sección transversal en lo que respecta a los taludes.

Mediante la topografía del terreno se identificaron longitudinalmente los tramos de la vía que no cumplen con las pendientes establecidas por el MTOP, los cruces de varios cauces naturales que facilitarían la evacuación de las aguas lluvias con el diseño de las cunetas y alcantarillas, y los distintos pasos de agua y canales de riego de hormigón que recorren a lo largo de la vía en sentido norte-sur y viceversa.

Para apreciar de mejor manera la configuración del terreno se construyó una superficie con curvas de nivel tipo índice cada 5 metros y curvas intermedias cada metro.

4.1.3 Análisis de resultados del estudio de tráfico

Gráfico N° 22: Ubicación de la estación de conteo



Fuente: GAD Municipal de San Pedro de Pelileo.

Para conocer el volumen de vehículos que pasan por la vía se realizó un conteo manual en los dos sentidos de circulación, durante 5 días consecutivos desde las 6:00 hasta las 18:00 dividiendo cada hora en periodos de 15 minutos, se contabilizó en una estación única ubicada en la comunidad de Salate vía a Sigaló (abscisa inicial del proyecto) como se muestra en el Gráfico N° 22 y para una mejor apreciación se ha clasificado a los vehículos en livianos, buses y pesados (ver Anexo B).

Luego de realizar el conteo se ha llegado a determinar que la hora pico corresponde al día sábado 07 de febrero del presente año de 12:30 a 13:30, coincidiendo con el día más transitado del sector.

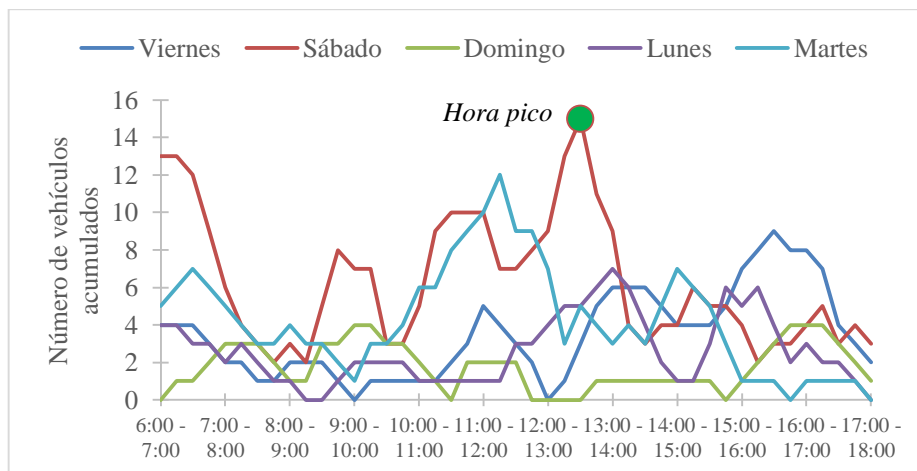
Cuadro N° 25: Hora pico

Hora	Livianos	Buses	Camiones				Total en 15 min
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4	
12:30 - 12:45	4	0	0	0	0	0	4
12:45 - 13:00	3	0	0	0	0	0	3
13:00 - 13:15	4	0	0	1	0	0	5
13:15 - 13:30	2	0	0	1	0	0	3
Total	13	0	0	2	0	0	15

Fuente: Autora

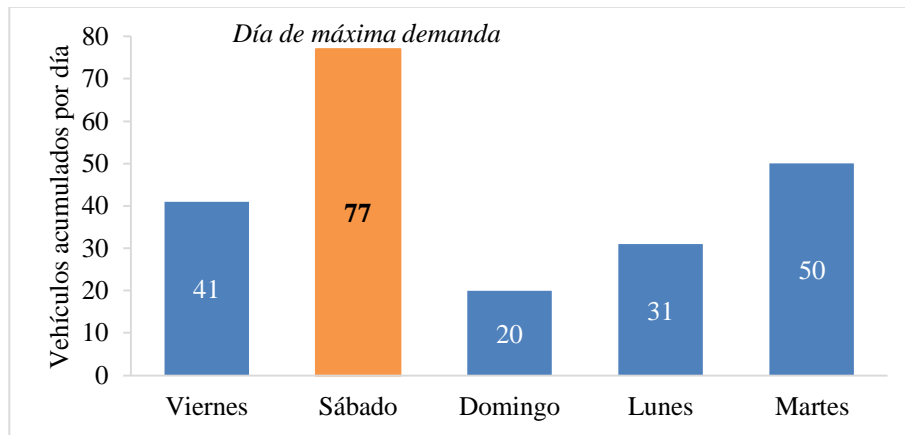
Como se puede observar en el cuadro anterior la mayor afluencia de vehículos corresponde a los livianos perteneciendo a las camionetas y una mínima cantidad al transporte pesado, resultando un total de 15 unidades en la hora pico.

Gráfico N° 23: Distribución del tráfico vehicular



Fuente: Autora

Gráfico N° 24: Volumen de tráfico de los días de conteo
(Periodo 6:00 am – 18:00 pm)



Fuente: Autora

4.1.3.1 Cálculo del factor hora pico

$$FHP = \frac{Q}{4Q_{15m\acute{a}x}}$$

Donde: Q = Total de vehículos en la hora pico.

$Q_{15m\acute{a}x}$ = Vehículos de los 15 minutos más altos de la hora pico.

$$FHP = \frac{15}{4 * 5} = 0.75$$

Para el proyecto se considerará un valor del $FHP = 1$, con la finalidad de obtener un tránsito uniforme.

4.1.3.2 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual actual

Este parámetro se determina mediante el método de la 30va hora de diseño y se partió de los datos de volumen de tránsito obtenidos en la hora pico.

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP}{K}$$

Donde: VHP = Volumen de vehículo durante la hora pico.

FHP = Factor de hora pico.

K = Porcentaje de la 30va hora de diseño.

El volumen de tránsito de la hora pico se sitúa entre el 12% y 18% del TPDA actual para vías rurales.

	Vías Urbanas	Vías Rurales
	12%	18%
Vías Urbanas →	10%	15% ← Vías Rurales
	8%	12%

Tipo de vehículos		N° vehículos en hora pico	Factor para vías rurales	TPDA actual
Livianos		13	15%	87
Pesados	C-2-P	0	15%	0
	C-2-G	2	15%	14
Σ TPDA actual:				101

El tránsito promedio diario anual (TPDA) actual se ve afectado también por otros tipos de tráficos que se detallan a continuación:

➤ **Tráfico generado (T_g):**

$$T_g = 20\% * TPDA_{1^\circ \text{ año}}$$

$$TPDA_{1^\circ \text{ año}} = TPDA_{actual} * (1 + i)^n$$

Cuadro N° 26: Tasas de crecimiento anual de tráfico %

Periodo	Livianos	Buses	Pesados
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 Diseño Geométrico MTOP, 2011.

Tipo de vehículos		TPDA actual	Índice de crecimiento (i)	Periodo (n)	TPDA en el 1° año
Livianos		87	4.47%	1	91
Pesados	C-2-P	0	1.94%	1	0
	C-2-G	14	2.18%	1	15
Σ TPDA _{1° año} :					106

Por lo tanto:

Tipo de vehículos		TPDA en el 1° año	% Tráfico generado	Tráfico generado
Livianos		91	20%	19
Pesados	C-2-P	0	20%	0
	C-2-G	15	20%	3
Σ Tráfico generado:				22

➤ **Tráfico atraído (T_a):**

$$T_a = 10\% * TPDA_{actual}$$

Tipo de vehículos		TPDA actual	% Tráfico atraído	Tráfico atraído
Livianos		87	10%	9
Pesados	C-2-P	0	10%	0
	C-2-G	14	10%	2
Σ Tráfico atraído:				11

➤ **Tráfico desarrollado (T_d):**

$$T_d = 5\% * TPDA_{actual}$$

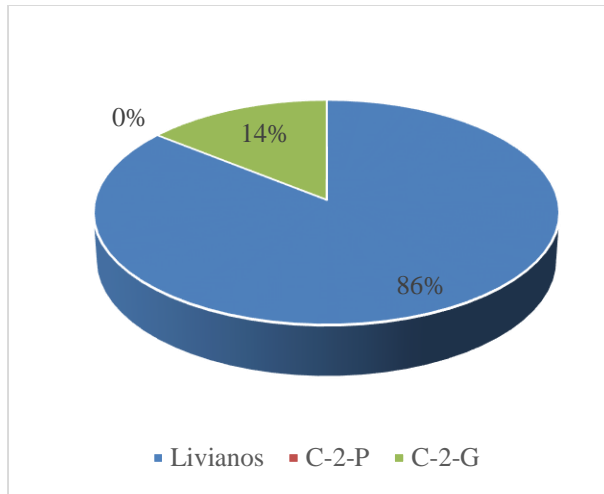
Tipo de vehículos		TPDA actual	% Tráfico desarrollado	Tráfico desarrollado
Livianos		87	5%	5
Pesados	C-2-P	0	5%	0
	C-2-G	14	5%	1
Σ Tráfico desarrollado:				6

Finalmente se tiene el tráfico actual:

$$T_{actual} = TPDA_{actual} + T_g + T_a + T_d$$

Tipo de vehículos		TPDA actual	Tráfico generado	Tráfico atraído	Tráfico desarrollado	Tráfico actual
Livianos		87	19	9	5	120
Pesados	C-2-P	0	0	0	0	0
	C-2-G	14	3	2	1	20
Σ Tráfico actual:						140

Gráfico N° 25: Tráfico actual



Tipo de Vehículos	Tráfico Actual	Tráfico en %
Livianos	120	86%
C-2-P	0	0%
C-2-G	20	14%

Fuente: Autora

4.1.3.3 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual proyectado

$$T_p = T_{ac} * (1 + i)^n$$

Donde: T_p = Tráfico proyectado.

T_{ac} = Tráfico Actual.

i = Índice de crecimiento.

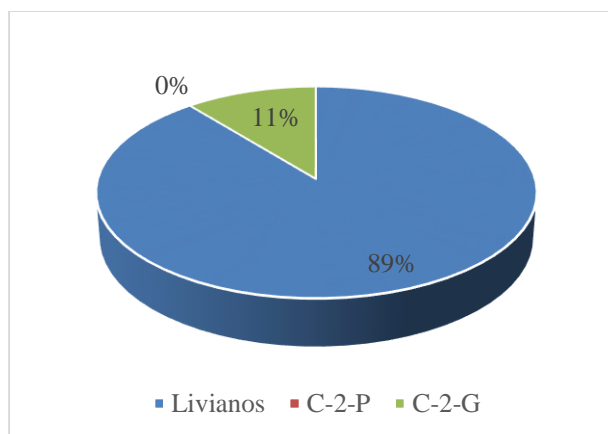
n = Periodo de proyección.

El periodo de análisis de la vía se tomó en base a la referencia del MOP donde establece que “el TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado de 15 a 20 años”.

Por lo tanto la vía se diseñó para un periodo futuro de 20 años.

Tipo de vehículos	Tráfico actual	Índice de crecimiento (i)	Periodo (n)	Tráfico en 20 años	
Livianos	120	3.25%	20	228	
Pesados	C-2-P	0	1.58%	20	0
	C-2-G	20	1.58%	20	28
Σ Tráfico en 20 años:				256	

Gráfico N° 26: Tráfico proyectado



Tipo de Vehículos	Tráfico en 20 años	Tráfico en %
Livianos	228	89%
C-2-P	0	0%
C-2-G	28	11%

Fuente: Autora

Cuadro N° 27: TPDA por cada año

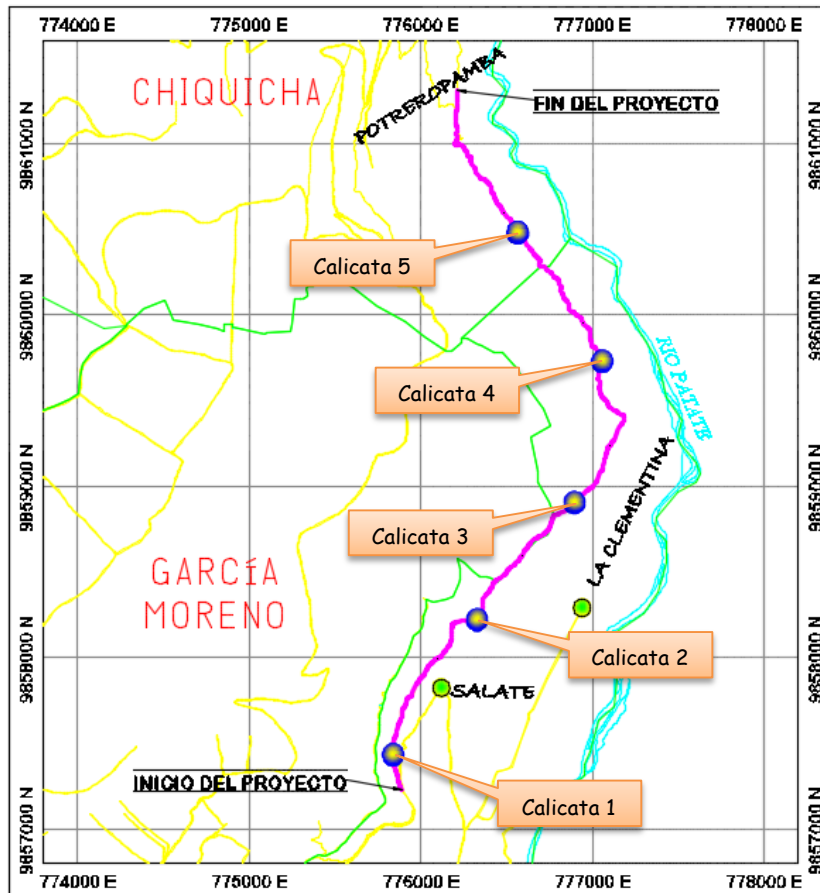
Año	% Crecimiento			Tránsito Promedio Diario			Camiones		
	Livianos	Buses	Camiones	TPDA Total	Livianos	Buses	Camiones	C-2 P	C-2 G
2015	4.47%	2.22%	2.18%	140	120	0	20	0	20
2016	3.97%	1.97%	1.94%	146	125	0	21	0	21
2017	3.97%	1.97%	1.94%	151	130	0	21	0	21
2018	3.97%	1.97%	1.94%	157	135	0	22	0	22
2019	3.97%	1.97%	1.94%	163	141	0	22	0	22
2020	3.97%	1.97%	1.94%	169	146	0	23	0	23
2021	3.57%	1.78%	1.74%	172	149	0	23	0	23
2022	3.57%	1.78%	1.74%	177	154	0	23	0	23
2023	3.57%	1.78%	1.74%	182	159	0	23	0	23
2024	3.57%	1.78%	1.74%	189	165	0	24	0	24
2025	3.57%	1.78%	1.74%	195	171	0	24	0	24
2026	3.25%	1.62%	1.58%	195	171	0	24	0	24
2027	3.25%	1.62%	1.58%	202	177	0	25	0	25
2028	3.25%	1.62%	1.58%	207	182	0	25	0	25
2029	3.25%	1.62%	1.58%	213	188	0	25	0	25
2030	3.25%	1.62%	1.58%	220	194	0	26	0	26
2031	3.25%	1.62%	1.58%	227	201	0	26	0	26
2032	3.25%	1.62%	1.58%	234	207	0	27	0	27
2033	3.25%	1.62%	1.58%	241	214	0	27	0	27
2034	3.25%	1.62%	1.58%	248	221	0	27	0	27
2035	3.25%	1.62%	1.58%	256	228	0	28	0	28

Fuente: Autora

4.1.4 Análisis de resultados del estudio de suelos

El estudio de los suelos es un factor importante que permite obtener datos para realizar un buen diseño del pavimento, ya que esto ayuda a conocer las características físico-mecánicas de la capa de subrasante y sobretodo la capacidad de soporte que tiene la misma a las diversas cargas transmitidas por los vehículos.

Gráfico N° 27: Ubicación de las calicatas para la toma de muestras



Fuente: GAD Municipal de San Pedro de Pelileo.

Para este estudio se excavaron calicatas de 1 metro de profundidad donde se obtuvo suelo firme y considerando el cambio estratigráfico del terreno en el Km 0+300, Km 1+300, Km 2+300, Km 3+300 y Km 4+300, en los cuales se tomaron muestras de aproximadamente 50 Kg por cada una, luego se procedió a ensayar en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y se obtuvieron los siguientes resultados:

➤ **Contenido de humedad natural**

Abscisa	W% natural
Km 0+300	14.63%
Km 1+300	16.55%
Km 2+300	9.03%
Km 3+300	14.21%
Km 4+300	3.19%
Promedio	11.52%

➤ **Granulometría**

Para el análisis granulométrico de las muestras se sustentó en el sistema de clasificación de la SUCS de la siguiente manera:

Abscisa	Clasificación SUCS	Descripción
Km 0+300	SW	Arena bien graduada.
Km 1+300	SP	Arena mal graduada.
Km 2+300	G – S	Grava arenosa.
Km 3+300	GW – SW	Grava arenosa bien graduada.
Km 4+300	GW – SW	Grava arenosa bien graduada.

➤ **Compactación**

Ensayo Abscisa	Humedad óptima W_{óptimo}	Densidad máxima $\gamma_{\text{máx}}$ (gr/cm³)
Km 0+300	23.6%	1.410
Km 1+300	18.3%	1.559
Km 2+300	23%	1.452
Km 3+300	12.2%	1.677
Km 4+300	10.6%	1.882

➤ **C.B.R. puntual**

Abscisa	C.B.R (%)
Km 0+300	14.7
Km 1+300	28.0
Km 2+300	10.8
Km 3+300	16.2
Km 4+300	15.3

Como se puede apreciar en el cuadro anterior se tienen valores de C.B.R puntuales superiores al 10%, por lo que se puede decir que a largo del proyecto se cuenta con una subrasante buena.

➤ **C.B.R. de diseño**

A partir de los C.B.R. puntuales obtenidos de cada muestra se procedió a calcular el C.B.R. de diseño para el proyecto siguiendo la metodología propuesta por el Instituto del Asfalto, quien recomienda tomar un valor tal que el 60%, 75% o el

87.5% de los valores individuales sean mayores o iguales que este valor, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Cuadro N° 28: Valor percentil para diseño de subrasantes de acuerdo al nivel de tránsito

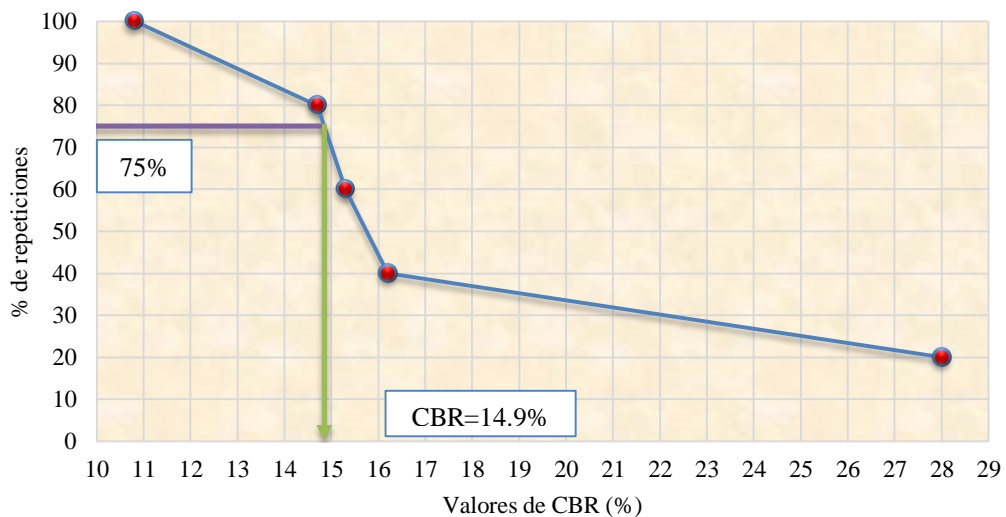
N° de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño	% a seleccionar para hallar la resistencia
< 10 ⁴	60
10 ⁴ – 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto, (MS-1) 1991.

Para el caso del proyecto se obtuvo un valor de ejes equivalentes de 3.62 E+05, por lo que se tomó el 75% como percentil para encontrar el valor de C.B.R de diseño de la siguiente manera:

DISTRIBUCIÓN DE CBR					
ABSCISA	A	B	C	A	Valores de CBR obtenidos de ensayos
Km 2+300	10.80	5	100	B	Número de CBR iguales o mayores
Km 0+300	14.70	4	80	C	Porcentaje de CBR iguales o mayores
Km 4+300	15.30	3	60	Observaciones:	
Km 3+300	16.20	2	40	Percentil para hallar la resistencia de diseño es:	
Km 1+300	28.00	1	20	75 %	

CBR DE DISEÑO



Finalmente, el valor de C.B.R. obtenido para el proyecto fue de 14.9%.

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.2.1 Interpretación de datos de la encuesta

Cuadro N° 29: Interpretación de datos de la encuesta

N°	Descripción	Interpretación
1	¿Cómo considera usted el estado actual de la vía?	La mayor parte de la población encuestada manifiesta que el estado actual de la vía es malo, una cierta parte indica que es regular y una mínima parte lo considera buena.
2	¿Cree usted que es importante realizarse la apertura del tramo faltante de la vía?	Toda la población encuestada concluye que es importante y necesario realizarse la apertura inmediata del tramo faltante de la vía.
3	¿Estaría dispuesto usted a ceder parte de su propiedad si el proyecto así lo requiere?	La mayoría de los señores encuestados cedería una parte de su propiedad en caso de ser necesario y una mínima parte no lo harían.
4	¿Qué aspecto cree usted que se ve más afectado por las condiciones en las que se encuentra la vía?	La mayor parte de los encuestados declaran que el aspecto económico ha sido el más afectado por las condiciones en las que se encuentra la vía antes que el social.
5	¿Qué sector resultaría más beneficiado con la ejecución del proyecto?	Para muchas de las personas encuestadas la agricultura, ganadería y el comercio serían los sectores más beneficiados con la ejecución del proyecto, continuando el sector turístico, la educación y finalmente la salud.
6	¿Qué tipo de transporte circula actualmente con mayor frecuencia?	Según los datos de la encuesta ratifican que las camionetas son el tipo de transporte que más circula por el sector, otra parte son los camiones y una mínima cantidad transitan los automóviles y motocicletas.
7	¿Cuál es el día de mayor transitabilidad en la vía?	De acuerdo al testimonio de los encuestados los días de mayor transitabilidad son los días martes y sábados que coinciden con los días de feria del cantón, seguido de los días viernes que sacan los productos a la feria por la tarde.
8	¿Con las condiciones actuales de la vía, de qué forma considera usted que se realiza el transporte de los productos agrícolas a los centros de expendio?	Los encuestados en su totalidad aseguran que con las condiciones actuales de la vía el transporte de los productos agrícolas a los centros de expendio se torna difícil y lenta.
9	¿Si el proyecto se realizara, en qué medida cree usted que mejorarían las actividades comerciales del sector?	Un considerable número de personas encuestadas revelan que al realizarse el proyecto mejorarían mucho las actividades comerciales del sector, una cierta parte notifican que se mejoraría solo un poco y una parte muy pequeña considera que no se mejoraría en nada.

Fuente: Autora

4.2.2 Interpretación de datos del estudio topográfico

Luego de concretarse el estudio topográfico del proyecto se determinó que el terreno es de tipo montañoso ya que se cuenta con una pendiente superior a 40° a nivel transversal de la vía y a nivel longitudinal según el inventario vial se tienen pendientes superiores al 6%, a excepción de ciertos tramos con menores al señalado, lo que conlleva a tener un fuerte movimiento de tierras.

4.2.3 Interpretación de datos del estudio de tráfico

Luego de haber realizado los respectivos cálculos a partir del volumen de tráfico obtenido en el conteo durante la hora pico, se obtuvo como TPDA actual circulando 140 vehículos, para dentro de un periodo de 10 años se tendrá 195 vehículos y finalmente para cuando se haya cumplido con el periodo de diseño de 20 años se tendrá un TPDA proyectado de 256 unidades.

Cuadro N° 30: Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

Clase de carretera	Tráfico proyectado TPDA*
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúe el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MTOP 2003.

De acuerdo al MTOP el proyecto alcanzó un valor dentro del rango de 100 a 300, por lo que se consideró a la vía de IV orden o camino vecinal, este parámetro permitió obtener los datos necesarios para el diseño geométrico.

4.2.4 Interpretación de datos del estudio de suelos

Al revisar los resultados de dichos estudios se llegó a determinar que es un suelo no plástico, en cuanto a su clasificación granulométrica se trata de mezclas de gravas y arenas bien graduadas, por su contenido de humedad natural muy bajo es

un suelo estable y resistente, razón por la cual se tiene como C.B.R. de diseño un 14.9%.

Cuadro N° 31: Clasificación de los suelos

C.B.R.	Clasificación	
0 – 5	Muy mala	Subrasante
5 – 10	Mala	
10 – 20	Regular a buena	
20 – 30	Muy buena	
30 – 50	Sub base buena	
50 – 80	Base buena	
80 – 100	Base muy buena	

Fuente: Mecánica de Suelos II, Ing. Francisco Mantilla, 2001.

Según el cuadro anterior, el valor de C.B.R. de diseño recae entre el rango de 10 – 20 por lo que la subrasante de la vía es buena y no se necesitó hacer ningún mejoramiento del suelo.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La verificación de la hipótesis se realizó mediante la prueba estadística Chi-cuadrado (X^2) o de Pearson, esta prueba permite ver la independencia entre las variables, es decir, si la una variable está relacionada con la otra o no y de acuerdo a ello aceptar o rechazar la hipótesis planteada en el proyecto, para esto se procedió de la siguiente manera:

a) Planteamiento de hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : Las variables son independientes, (no están relacionadas).

El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua no incidirá positivamente en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

Hipótesis alternativa H_a : Las variables no son independientes, (están relacionadas).

El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de

Pelileo, Provincia de Tungurahua incidirá positivamente en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

b) Tablas de contingencia

Primero se elaboró una tabla de contingencia con las frecuencias observadas, para lo cual se tomaron dos preguntas de las encuestas aplicadas a los habitantes del sector y relacionadas con las variables de la hipótesis.

Pregunta 1: ¿Cómo considera usted el estado actual de la vía?

Pregunta 9: ¿Si el proyecto se realizara, en qué medida cree usted que mejorarían las actividades comerciales del sector?

Cuadro N° 32: Frecuencias observadas

Pregunta 1 Pregunta 9	Bueno	Regular	Malo	Total
Mucho	3	19	36	58
Poco	4	10	35	49
Nada	6	6	6	18
Total	13	35	77	125

Fuente: Autora

Luego a partir del cuadro anterior se obtuvo el cuadro de frecuencias esperadas (f_e) mediante la siguiente fórmula:

$$f_e = \frac{\text{suma (fila)} * \text{suma (columna)}}{\text{total}}$$

$$f_e = \frac{129 * 13}{243} = 6.90$$

Cuadro N° 33: Frecuencias esperadas

Pregunta 1 Pregunta 9	Bueno	Regular	Malo	Total
Mucho	6.03	16.24	35.73	58
Poco	5.10	13.72	30.18	49
Nada	1.87	5.04	11.09	18
Total	13	35	77	125

Fuente: Autora

c) Chi-cuadrado calculado

Para calcular el Chi-cuadrado se aplicó la siguiente fórmula:

$$X^2_{calc} = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde: f_o = Frecuencia del valor observado.

f_e = Frecuencia del valor esperado

Cuadro N° 34: Chi-cuadrado calculado

f_o	f_e	$(f_o - f_e)^2$	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
3	6.03	9.19	1.52
19	16.24	7.62	0.47
36	35.73	0.07	0.00
4	5.10	1.20	0.24
10	13.72	13.84	1.01
35	30.18	23.19	0.77
6	1.87	17.04	9.10
6	5.04	0.92	0.18
6	11.09	25.89	2.33
$X^2 =$			15.63

Fuente: Autora

d) Grados de libertad

Como se tienen tres filas (F) y tres columnas (C) entonces dicho valor es:

$$GL = (F - 1) * (C - 1) = (3 - 1) * (3 - 1) = 4$$

e) Nivel de significancia

Este valor se refiere al nivel de confianza que se desea tener en el cálculo y corresponde al complemento porcentual de la confianza, la confianza para la prueba seleccionado fue del 95%, entonces su nivel de significancia (α) es 5% ó 0,05.

f) Valor del parámetro p

$$p = 1 - \text{Nivel de significancia} = 1 - 0.05 = 0.95$$

g) Chi-tabular o valor crítico

Con los grados de libertad y el valor p se procede a encontrar el valor crítico o Chi-tabular en la tabla de distribución Chi-cuadrado así:

- $GL = 4$
- $p = 0.95$

Cuadro N° 35: Valores críticos de la distribución Chi-cuadrado

Grados de Libertad	Probabilidad acumulada									
	0.800	0.850	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995	0.998	0.999	0.9995
1	1.642	2.072	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879	9.141	10.83	12.12
2	3.219	3.794	4.606	5.992	7.379	9.214	10.60	12.00	13.85	15.27
3	4.642	5.317	6.251	7.815	9.348	11.34	12.84	14.32	16.27	17.73
4	5.989	6.745	7.779	9.488	11.14	13.28	14.86	16.42	18.47	20.00
5	7.289	8.115	9.236	11.07	12.83	15.09	16.75	18.39	20.52	22.11
6	8.558	9.446	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55	20.25	22.46	24.10
7	9.803	10.75	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28	22.04	24.32	26.02
8	11.03	12.03	13.36	15.51	17.53	20.09	21.95	23.77	26.12	27.87
9	12.24	13.29	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59	25.46	27.88	29.67
10	13.44	14.53	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19	27.11	29.59	31.42
11	14.63	15.77	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76	28.73	31.26	33.14
12	15.81	16.99	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30	30.32	32.91	34.82
13	16.98	18.20	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82	31.88	34.53	36.48
14	18.15	19.41	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32	33.43	36.12	38.11
15	19.31	20.60	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80	34.95	37.70	39.72
16	20.47	21.79	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27	36.46	39.25	41.31
17	21.61	22.98	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72	37.95	40.79	42.88
18	22.76	24.16	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16	39.42	42.31	44.43
19	23.90	25.33	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58	40.88	43.82	45.97
20	25.04	26.50	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00	42.34	45.31	47.50
21	26.17	27.66	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40	43.78	46.80	49.01
22	27.30	28.82	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80	45.20	48.27	50.51
23	28.43	29.98	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18	46.62	49.73	52.00
24	29.55	31.13	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56	48.03	51.18	53.48
25	30.68	32.28	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93	49.44	52.62	54.95
26	31.79	33.43	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29	50.83	54.05	56.41
27	32.91	34.57	36.74	40.11	43.19	46.96	49.64	52.22	55.48	57.86
28	34.03	35.71	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99	53.59	56.89	59.30
29	35.14	36.85	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34	54.97	58.30	60.73
30	36.25	37.99	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67	56.33	59.70	62.16

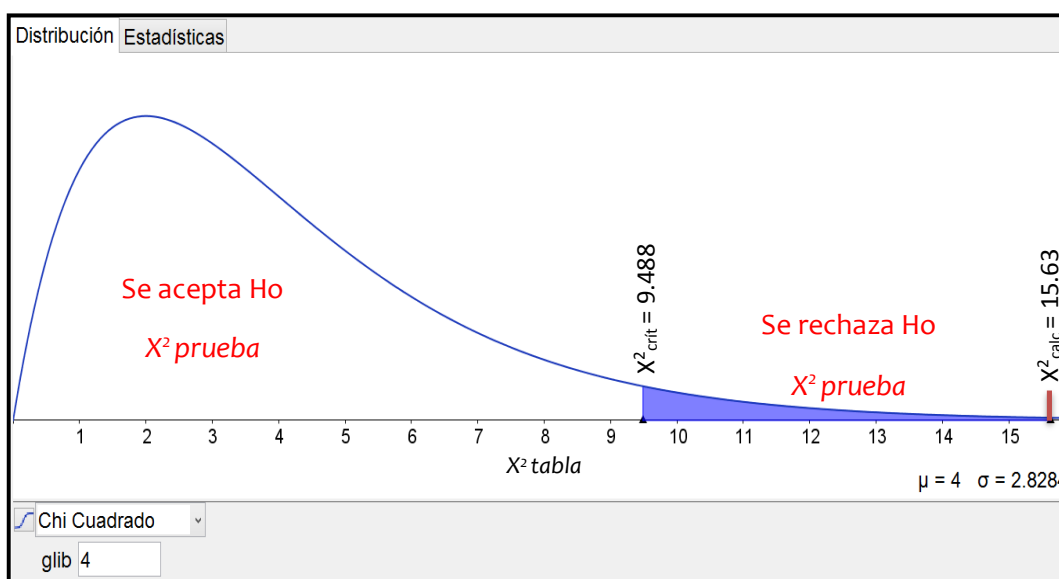
Fuente: Tabla de distribución Ji – Cuadrado de Jorge M. Galbiati.

Entonces el valor crítico o $X^2_{crítico}$ es 9.488.

h) Distribución Chi-cuadrado

La distribución estadística Chi-cuadrado del proyecto se realizó en el programa GeoGebra donde se obtuvo la siguiente curva:

Gráfico N° 28: Distribución de la prueba estadística Chi-cuadrado



Fuente: Autora

i) Decisión

Si el valor del Chi-cuadrado calculado es menor o igual que el Chi-cuadrado crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario se la rechaza.

Para el caso del proyecto se tuvo:

$$X^2_{calculado} = 15.63$$

$$X^2_{crítico} = 9.488$$

Siendo:

$$X^2_{calculado} > X^2_{crítico}$$

Por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a) donde se estableció que: “El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua incidirá positivamente en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes”, con lo cual se plantea brindar una solución al problema de la infraestructura vial que está impidiendo el desarrollo social y económico de este sector.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La vía se encuentra con un tramo inicial y final de aproximadamente 1 y 1.5 km respectivamente abierto, a nivel de subrasante con un ancho de calzada entre los 4 m y 5 m, sin cunetas ni alcantarillas y algunos pasos de agua que atraviesan sin ningún encauzamiento; también existe un tramo intermedio de 2.5 km que se encuentra como sendero, esto ha provocado la discontinuidad de la ruta y por ende la incomodidad referente a la movilidad, incrementando los costos en el transporte de los productos.
- Al aplicar la encuesta a los pobladores del sector se pudo determinar que es una zona netamente agrícola, pero la ineficiente infraestructura vial con la que cuentan ha provocado un desacelerado desarrollo social y económico del sector ya que no pueden comercializar sus productos a cabalidad.
- El terreno por donde atraviesa el proyecto es de carácter montañoso, con pendientes transversales a la vía superiores a 25% y pendientes longitudinales mayores al 6%, lo que hace suponer que se tendrán fuertes movimientos de tierras, sin embargo el diseño se lo hizo ajustando en lo posible a su topografía, pero sin descuidar los parámetros otorgados por el MOP.
- Luego de realizado el censo volumétrico del tránsito se pudo constatar en la hora pico un total de 15 unidades, representando un tráfico actual de 140 vehículos, al proyectar para un periodo de 20 años se aspira que al final de su vida útil alcance 256 vehículos, por lo que se clasificó según el MOP como una vía de IV orden o camino vecinal.
- El estudio de suelos es un factor importante para cualquier proyecto vial, está directamente ligado con la estructura del pavimento, siendo a mayor capacidad portante del suelo menores espesores de la carpeta asfáltica y viceversa.

- Luego de realizar el análisis granulométrico del suelo se tiene a lo largo de la vía una arena bien graduada, por lo que no fue posible realizar el ensayo de límite plástico, dando como consecuencia un suelo no plástico, característica propia de las arenas.
- Para el caso del proyecto se tuvo un CBR de 14.9% clasificando a la subrasante como buena, razón por la cual no se tuvo que mejorar el suelo de fundación y los espesores de las capas del pavimento fueron razonables, ayudando así a economizar los costos de construcción.
- Para el diseño geométrico de la vía se escogieron los valores recomendados de la Norma por tener un valor de TPDa al final del proyecto cercano al límite superior de la respectiva clasificación.
- De acuerdo al MOP el valor de velocidad máxima de diseño recomendada para una vía de clase IV fue de 50 Km/h, es por ello que se adoptó para el proyecto un valor de 40 Km/h y para velocidad de circulación de 37 Km/h.
- La distancia de visibilidad de parada para el vehículo dentro del proyecto fue de 40 m y para el rebasamiento fue de 150 m.
- Al calcular el radio mínimo de las curvas horizontales se obtuvo un valor de 42 m, pero debido a la dificultad que presenta el terreno se hizo caso a cierta recomendación del MOP para terrenos con relieve difícil, quedando así establecido en ciertas curvas un radio mínimo de 15 m.
- El peralte máximo seleccionado para las curvas horizontales fue del 8% por tener una velocidad de diseño menor a 50 Km/h.
- La configuración de la sección transversal y de acuerdo a las recomendaciones del MOP tiene un ancho de calzada de 6 m, con una cuneta lateral de 0.80 m de ancho al lado del talud de corte y un espaldón de 0.60 m al lado del relleno por seguridad, tiene un bombeo del 2% por tratarse de capa de rodadura asfáltica.
- Los valores de los taludes tanto para corte como para relleno fueron de 1:4 y 1:1 respectivamente, en el caso de corte se eligió ese valor para minimizar el fuerte movimiento de tierras que se obtendría del mejoramiento y apertura del tramo faltante ya que transversalmente se tienen pendientes superiores al 25% y por tener un suelo estable.

- Debido a que se alcanzó un valor de CBR alto, calificado como bueno, al diseñar el pavimento flexible mediante el método AASHTO 93, se obtuvo para la carpeta asfáltica un espesor de 5 cm, y para la base y sub-base un valor de 10 cm.
- El cemento asfáltico utilizado para la capa de rodadura será el AP-3 y los agregados para base y sub-base son de Clase II que posee la cantera más cercana al proyecto, por cumplir con ciertos parámetros de granulometría y de ensayos que exigen las especificaciones técnicas vigentes.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante que se realice una socialización con la comunidad a ser favorecida con el proyecto, a fin de informar sobre los beneficios adquiridos con el mismo y el proceso constructivo para evitar problemas posteriores.
- El diseño geométrico y el diseño del pavimento están basados en las Normas vigentes por lo que se debe controlar al momento de la construcción que se realice de acuerdo a los planos adjuntos.
- En cuanto se refiere a los materiales se debe verificar que tengan las propiedades establecidas, para evitar que la obra se deteriore antes de su vida útil y ocasione molestias a los usuarios.
- El personal que intervenga en los diferentes procesos constructivos de la obra deben tener licencia calificada, certificada y poseer un cierto tiempo de experiencia para garantizar la calidad del proyecto.
- Se debe realizar una correcta señalización de manera clara, precisa y visible durante la construcción de la vía y después, de acuerdo a lo establecido por el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN, para evitar accidentes y sobretodo pérdidas humanas.
- El mantenimiento vial después de la construcción será un aspecto importante a tener en cuenta para garantizar y asegurar la vida útil de la vía.
- Los trabajos de construcción deberán ajustarse a la Ley de Gestión Ambiental vigente, a fin de mitigar en lo posible el impacto ambiental.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

Tema: El diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de los habitantes.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en la llamada antigua línea férrea, entre las parroquias de La Matriz y Chiquicha, en la parte noreste del Cantón San Pedro de Pelileo de la Provincia de Tungurahua, inicia en la comunidad de Salate y termina en la comunidad de Potreropamba, la vía en estudio tiene una longitud total de 5.31 Km.

Cuadro N° 36: Coordenadas de la ubicación del proyecto (WGS-84)

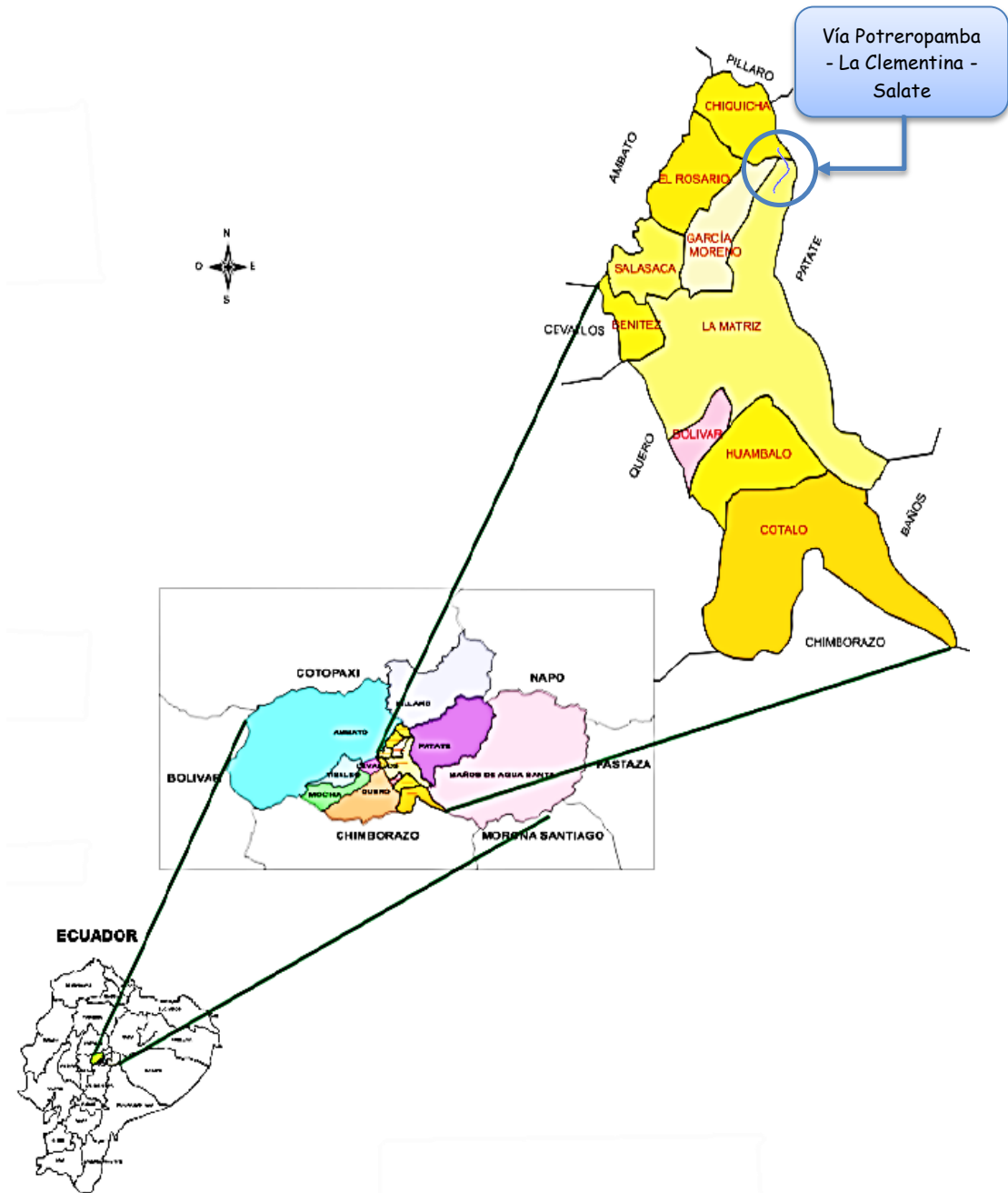
Sector	Abscisa	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
Inicio: Salate	Km 0+000	9856867.03	775470.50	2361.29
Fin: Potreropamba	Km 5+313.77	9861017.15	775958.53	2338.28

Fuente: Autora

El proyecto está limitado por:

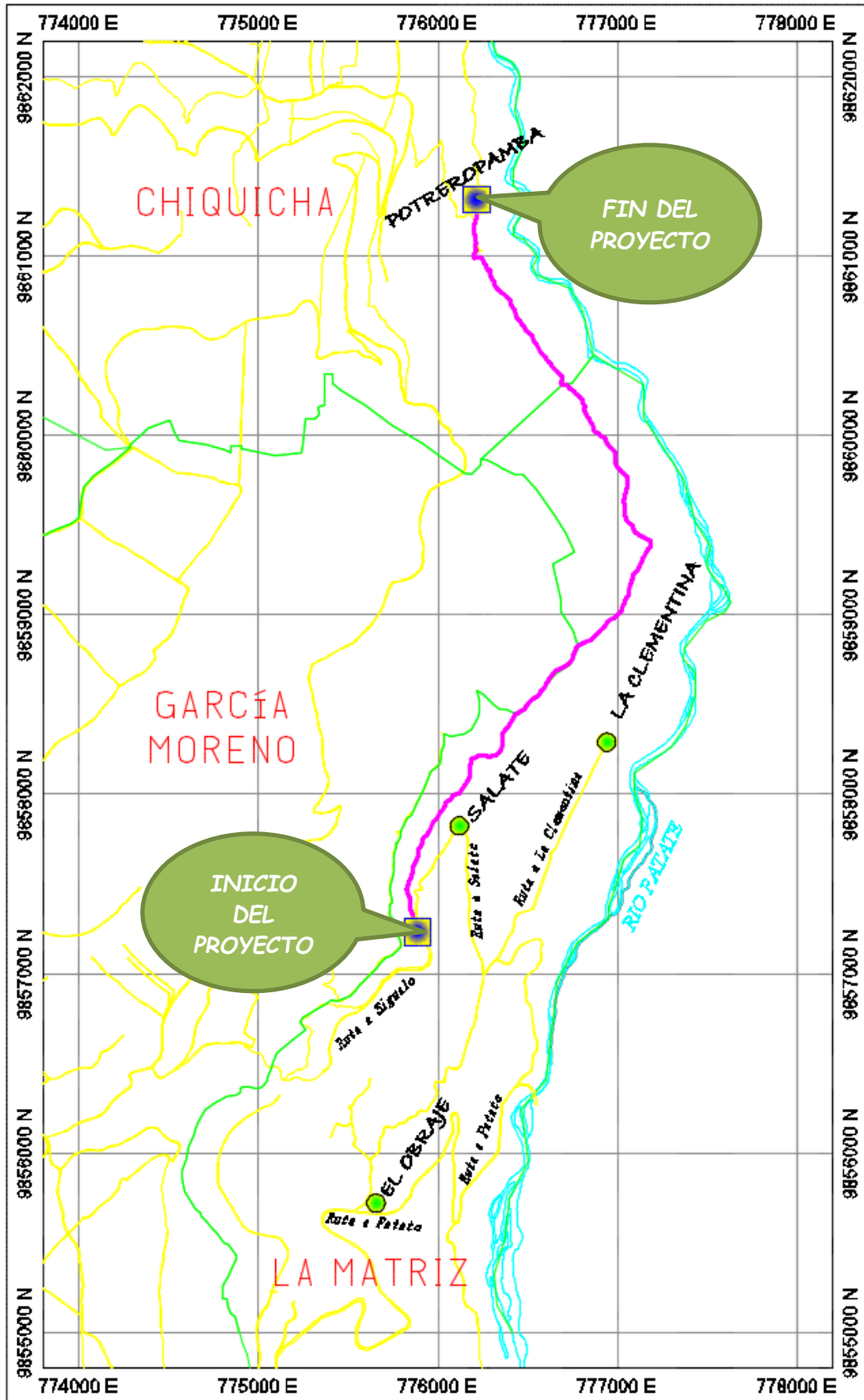
- El Norte: El cantón Píllaro.
- El Sur: Las parroquias Huambaló y Cotaló.
- El Este: El cantón Patate.
- El Oeste: La parroquia García Moreno.

Gráfico N° 29: Ubicación del proyecto a nivel cantonal



Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal de San Pedro de Pelileo

Gráfico N° 30: Ubicación del proyecto



Fuente: GAD Municipal de San Pedro de Pelileo.

6.1.2 Población

La población aledaña al proyecto en estudio se estimó en base a los datos proporcionados por el INEC y por los directivos representantes de cada uno de los sectores beneficiados, con lo cual se tuvo lo siguiente:

Cuadro N° 37: Número de habitantes por vivienda

	2010
Promedio de personas por hogar	3.7
Promedio de hogares por vivienda	1.02
<i>Número de habitantes por vivienda</i>	4.0

Fuente: INEC, 2010

Cuadro N° 38: Población beneficiada

Sector	# viv/sector	# hab/viv	# hab/sector
Salate	92	4	368
La Clementina	61	4	244
<i>Población total =</i>			612

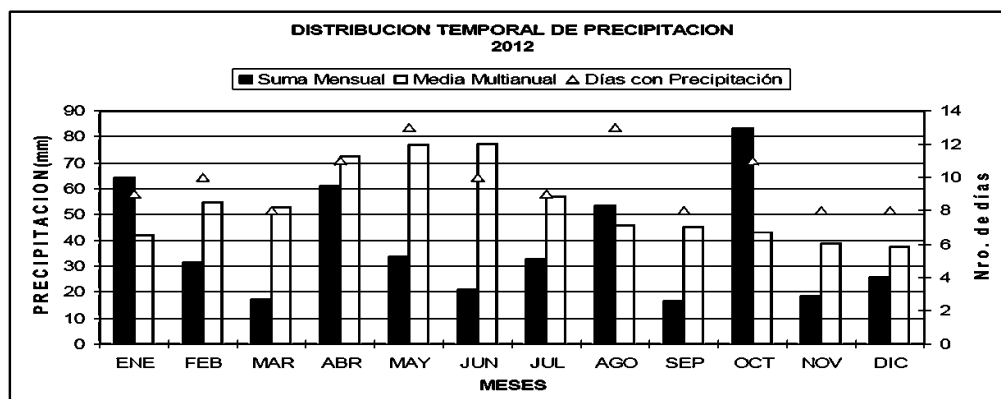
Fuente: Directivos de los sectores beneficiados

6.1.3 Condiciones climáticas

El clima predominante del sector es ecuatorial mesotérmico semihúmedo, la precipitación anual oscila entre los 500 mm y 750 mm, y su temperatura varía entre los 23.2°C y 7.3°C.

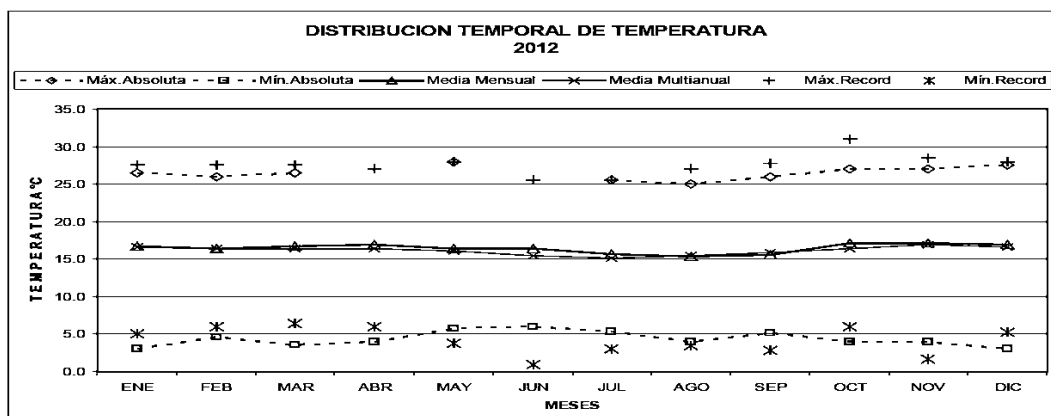
A continuación se muestran los datos de temperatura y precipitaciones de la estación M0126, que es la más cercana al área del proyecto.

Gráfico N° 31: Distribución temporal de precipitación



Fuente: Anuario Meteorológico del INAMHI, 2012.

Gráfico N° 32: Distribución temporal de temperatura



Fuente: Anuario Meteorológico del INAMHI, 2012.

6.1.4 Aspectos económicos productivos

Actividad económica: La actividad agropecuaria es una de las principales fuentes de ingreso económico para la mayor parte de las familias de estos sectores, aunque también existen personas que se dedican a otras actividades complementarias como el comercio minorista en los mercados de Pelileo y Ambato, otros son obreros y una mínima cantidad son fuentes de ingreso migratorias.

Producción agrícola: Estas tierras son eminentemente agrícolas, siendo la principal actividad productiva para la comercialización y el consumo interno de las familias el cultivo de aguacate, tomate de árbol, maíz, babacos, duraznos, hortalizas, pasto y follaje para los animales de crianza, entre otros.

Producción pecuaria: La actividad pecuaria se basa en sistemas de crianza de animales tales como bovinos, ovinos, porcinos, conejos, aves y cuyes, esta estrategia complementa las actividades agrícolas de la zona.

Comercialización: Los productos agropecuarios se llevan a los centros de acopio en mayor proporción los días sábados y martes a Pelileo.

6.1.5 Aspectos sociales

Salud: Existe un pequeño dispensario médico en Salate, en cambio La Clementina no dispone de ello.

Educación: Se evidencia un bajo nivel educativo, La Clementina cuenta con un centro educativo, mientras que en Salate no lo hay, por lo que quienes optan por estudiar tienen que acudir a instituciones de otras parroquias del cantón.

Vivienda: La mayor parte de viviendas son casas y una reducida parte son media aguas.

Servicios básicos: Estas comunidades cuentan con servicios de luz eléctrica, telefonía, agua potable y alcantarillado, sin embargo existen algunos que aún tienen pozos ciegos, no existen servicios de recolección de basura por lo que la gente acude a botar en las quebradas, en los terrenos o simplemente los entierra o incinera.

Transporte: La movilización de las personas y los productos agropecuarios se los realiza mediante el servicio de camionetas de cooperativa, además existe en la mañana y al medio día el servicio de un bus urbano de la cooperativa Ciudad Azul que transporta a los estudiantes del sector hacia el centro de la ciudad.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Tungurahua ha sido una de las provincias que cuenta con la mejor red vial dentro del país, a través del Consejo Provincial ha venido satisfaciendo las necesidades de los pobladores mediante sistemas viales que permitan la comunicación e intercambio de productos entre sus pueblos, así como el acceso a los servicios de primera necesidad, mejorando con ello la calidad de vida de los habitantes.

La vía en estudio forma parte del Plan Vial del cantón San Pedro de Pelileo, pero no cuenta con estudios técnicos previos que permitan mejorarla y brinde un servicio adecuado, imposibilitando que se desarrollen las actividades agrícolas y comerciales del sector, dando como consecuencia el retraso en el progreso social y económico, por esto se pone de manifiesto la presente propuesta como solución al problema, anexando toda la información necesaria para que se lleve a cabo.

6.3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha presenciado un crecimiento notable de las actividades agropecuarias del sector, pero las condiciones en las que se encuentra actualmente su red vial ha impedido que se desplieguen totalmente, ya que uno de los principales problemas que han tenido que enfrentar los agricultores de la zona es el deterioro de los productos debido a la acción del polvo y la lluvia que deteriora aún más el estado de las vías, lo que ha provocado que se incrementen los costos de operación y mantenimiento de los vehículos como el retraso e incumplimiento en la entrega de los productos.

Es por esto que se ha visto la necesidad de buscar una alternativa de solución que promueva continuar con estas actividades, siendo la más factible el mejoramiento de los tramos existentes y la apertura del sendero faltante mediante un diseño técnico acorde a las especificaciones planteadas por el MOP acondicionada con un pavimento flexible, de tal manera que el transporte por la misma sea rápido, económico y seguro, sin dejar de lado la construcción de las estructuras de drenaje como cunetas y alcantarillas que ayuden a desfogar las aguas lluvia, preservando de esta manera el camino.

La ejecución de esta propuesta a más de brindar la solución a lo expuesto anteriormente, incentivará a que se desarrollen otras actividades como el turismo ya que cuenta con agradables panoramas, se establecerán nuevas colonias, mejorarán los servicios básicos y de transporte, tendrán mejor accesibilidad a la educación y la salud, se cultivarán tierras que no se han podido hacerlo por la inexistencia de vías, entre otros.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y el diseño de la estructura del pavimento de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de

Pelileo, Provincia de Tungurahua para que incida positivamente en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

6.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Elaborar el diseño geométrico de la vía.
- ✓ Diseñar la estructura del pavimento flexible.
- ✓ Diseñar las estructuras de drenaje (cunetas y alcantarillas).
- ✓ Desarrollar el presupuesto referencial.
- ✓ Establecer el cronograma valorado de trabajo.
- ✓ Elaborar los planos del diseño vial correspondiente.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Factibilidad técnica

La propuesta es factible realizarse técnicamente puesto que las condiciones de soporte del suelo son óptimas y no requiere ningún mejoramiento, a más de ello la topografía del sector permite que la vía sea diseñada ajustándose a las especificaciones técnicas del MOP, obteniéndose de esta manera una ruta segura y cómoda en su funcionamiento.

Factibilidad económica

El suministro de los recursos económicos para el cumplimiento del proyecto se dará por parte del GAD Municipal de Pelileo conjuntamente con el H. Gobierno Provincial de Tungurahua, cuya entidad se encarga actualmente de la ejecución de proyectos viales dentro de la provincia.

Factibilidad social

En el sector existen muchas familias que dependen económicamente de la agricultura pero al encontrarse la vía a nivel de subrasante en unos tramos y como sendero en otros, dificulta y se hace más lento el transporte de los productos a los mercados, incrementando también los costos, por tal motivo los moradores han

hecho la petición a las autoridades pertinentes para que se realicen los estudios respectivos y se mejore la vialidad, lo que constituye que el proyecto sea socialmente factible de realizarse.

Factibilidad legal

El diseño de la vía se hizo en lo posible tratando de evitar fuertes invasiones a terrenos cultivados y propiedades privadas; siendo petición de los moradores del sector y estando conscientes de que necesitan contar con un mejor sistema vial para su bienestar, no se darán demandas futuras.

Factibilidad ambiental

Hay que recalcar que el proyecto no atraviesa por áreas protegidas, el trazado se lo hizo aprovechando al máximo la topografía existente para que no se generen fuertes movimientos de tierra y en caso de que los hubiera reutilizar en la construcción de la misma obra como en rellenos, además se deberá implementar para su ejecución un plan de manejo ambiental, todo esto con la finalidad de que el impacto no sea significativo.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

Según Chocontá (2002), el proyecto de la vía consiste en diseñar todas las partes de que consta, como son su parte geométrica, el pavimento, todo lo que constituye el drenaje, la señalización, etc.

6.6.1 Diseño geométrico

El diseño geométrico consiste en determinar el eje de la carretera, inicialmente, tanto en planta como en perfil, de acuerdo con el criterio del proyectista y cumpliendo las especificaciones establecidas para la misma. (Chocontá, 2002, p. 64).

El proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno es lo que se conoce como

diseño geométrico de la vía. Los elementos físicos se representan por su geometría, como son los alineamientos horizontal y vertical, las secciones transversales, las distancias de visibilidad, etc. En el diseño geométrico de una vía, es necesario establecer las relaciones posibles entre la vía en potencia, el vehículo y el conductor, que son los tres elementos que intervienen en la operación de transportar. (Chocontá, 2002, p. 17).

6.6.2 Diseño del pavimento

El pavimento es la estructura construida sobre la subrasante para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos durante el periodo de diseño y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito. (DG-2001, p. 17).

Diseñar un pavimento, no es solamente definir su espesor y resistencia de sus capas, sino también establecer su durabilidad y tiempo de servicio, en función de la reacción de sub-rasante, de los factores ambientales y aplicaciones de carga cada vez más frecuentes. (Ortuño y otros, 2011, p. 298).

La metodología más utilizada actualmente es la Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO-93 (Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales), este es un método semi-empírico donde incluyen las siguientes variables:

- ✓ W_{18} : Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n)
- ✓ Z_R : Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.
- ✓ S_o : Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.
- ✓ ΔPSI : Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del

pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial PSIo) y su planitud al final del periodo de diseño (Servicapacidad Final PSIt).

- ✓ M_R : Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).
- ✓ SN : Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño. (Corredor, cap. 3, p. 3).

6.6.3 Sistema de drenaje

Se define sistema de drenaje de una vía como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. (Bañón, 2000, p. 8-2).

Las obras de drenaje en una carretera abarcan desde pequeñas alcantarillas y cunetas longitudinales hasta obras de drenaje importantes y puentes de gran costo. Cada una de ellas requiere de algún tipo de análisis hidrológico cuya extensión y alcance dependerá del nivel del estudio y de la importancia de la obra. (Manual de Carreteras del Paraguay, 2011).

Para el caso del proyecto se ha diseñado lo concerniente a cunetas, alcantarillas y el bombeo propio de la calzada para ayudar a evacuar las aguas lluvia.

6.7 METODOLOGÍA

El estudio vial presentado se realizó de manera secuencial partiendo con la recolección de datos en el campo y su posterior procesamiento, como se detalla a continuación:

Primero se realizó un reconocimiento previo del lugar junto con los habitantes del sector, analizando de esta manera la factibilidad que tuvo el proyecto para su posterior desarrollo; luego se aplicaron las encuestas a los moradores que se beneficiarían con este propósito, llegando así a determinar sus condiciones de vida y la necesidad de contar con un mejor sistema de comunicación.

Seguidamente se tomaron muestras de suelo en diferentes puntos a lo largo de todo el proyecto para establecer sus características físico-mecánicas, y por ende la resistencia al corte del terreno de fundación, cuyo valor se empleó en el diseño del pavimento flexible; también se realizó el respectivo conteo de vehículos para determinar el tráfico existente y futuro que alcanzaría el proyecto al final de su proyección, con esto se consiguieron los parámetros de diseño técnico establecidos por el MOP para obtener una vía funcional, segura y cómoda.

Después se realizó el levantamiento topográfico de la zona, con los datos obtenidos de la estación total se generó una plataforma con curvas de nivel en el software AUTOCIVIL 3D, donde además se identificaron puntos característicos como ancho de vía en los tramos existentes, canales, pasos de agua, quebradas, casas, etc, simulando de esta manera la configuración del terreno, en base a esto se trazó la geometría de la vía en planta, perfil y sección transversal y se elaboraron los planos correspondientes.

6.7.1 Diseño geométrico

La vía en estudio se clasificó de acuerdo al TPDA esperado al final del proyecto como Tipo IV o camino vecinal, de condición topográfica montañosa, en función de esto se tomaron los valores de diseño indicados en el Anexo E.

Nota: Se escogieron los valores recomendables, puesto que el valor del TPDA esperado fue cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.

6.7.1.1 Velocidades

a) Velocidad de diseño (V_d)

De acuerdo a lo estipulado por el MOP la velocidad de diseño máxima fue:

$V_d = 50 \text{ Km/h}$ (ver Cuadro N° 6).

Sin embargo, para el proyecto se asignó una $V_d = 40 \text{ Km/h}$ por tratarse de un diseño sobre un terreno montañoso muy dificultoso.

b) Velocidad de circulación (V_c)

Se calculó con la siguiente fórmula establecida para un TPDA menor a 1000.

$$V_c = 0.8 * V_d + 6.5$$

Siendo:

V_c = Velocidad de circulación (Km/h).

V_d = Velocidad de diseño (Km/h).

$$V_c = 0.8 * 40Km/h + 6.5$$

$$V_c = 38.5Km/h \approx 38Km/h$$

La velocidad de circulación de acuerdo al MOP fue 37 Km/h (Ver Cuadro N° 7), por lo que se tomó este valor.

6.7.1.2 Distancias de visibilidad

Se presenta en dos formas como se detalla a continuación:

a) Distancia de visibilidad de parada

Cuadro N° 39: Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo

Criterio de diseño: Pavimentos mojados y gradiente horizontal (0 %)

V_d (Kph)	V_c asumida (Kph)	Percepción+Reacción para frenaje		Coeficiente de fricción longitudinal “f”	Distancia de frenaje “d ₂ ” gradiente cero (m)	Distancia de visibilidad para parada (d=d ₁ +d ₂)	
		Tiempo (seg)	Distancia recorrida “d ₁ ” (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2.5	13.89	0.47	3.36	17.25	20
25	24	2.5	16.67	0.44	5.12	21.78	25
30	28	2.5	19.44	0.42	7.29	26.74	30
35	33	2.5	22.92	0.40	10.64	33.56	35
40	37	2.5	25.69	0.39	13.85	39.54	40
45	42	2.5	29.17	0.37	18.53	47.70	50
50	46	2.5	31.94	0.36	22.85	54.79	55
60	55	2.5	38.19	0.35	34.46	72.65	70
70	63	2.5	43.75	0.33	47.09	90.84	90
80	71	2.5	49.31	0.32	62.00	111.30	110
90	79	2.5	54.86	0.31	79.25	134.11	135
100	86	2.5	59.72	0.30	96.34	156.06	160
110	92	2.5	63.89	0.30	112.51	176.40	180
120	100	2.5	71.53	0.29	145.88	217.41	220

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Se calculó con la siguiente expresión:

$$D_p = d_1 + d_2$$

Siendo:

D_p = Distancia de visibilidad de parada (m).

d_1 = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (m).

d_2 = Distancia de frenaje sobre la calzada a nivel (m).

Donde d_1 y d_2 queda expresada como se indica a continuación:

$$d_1 = 0.7V_c \quad d_2 = \frac{V_c^2}{254f} \quad f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}}$$

Siendo:

V_c = Velocidad de circulación del vehículo (Km/h).

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

$$f = \frac{1.15}{(37\text{Km/h})^{0.3}} = 0.39$$

Entonces la distancia de visibilidad de parada es:

$$D_p = 0.7V_c + \frac{V_c^2}{254f}$$
$$D_p = 0.7(37\text{Km/h}) + \frac{(37\text{Km/h})^2}{254(0.39)}$$
$$D_p = 25.9\text{m} + 13.85\text{m}$$
$$D_p = 39.75\text{m} \approx 40\text{m}$$

b) Distancia de visibilidad de rebasamiento

Cuadro N° 40: Distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo

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

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Notas:

() Valores utilizados para los caminos vecinales.

Se calculó con la siguiente expresión:

$$d_r = 9.54V - 218 \quad \text{cuando} \quad 30 < V < 100$$

Siendo:

d_r = Distancia de visibilidad para rebasamiento (m).

V = Velocidad promedio del vehículo rebasante (Km/h)

La velocidad promedio del vehículo rebasante fue de 51 Km/h (ver Cuadro N° 40)

$$d_r = 9.54(51\text{Km/h}) - 218$$

$$d_r = 268.54\text{m} \approx 270\text{m}$$

No obstante, se tomó como distancia de visibilidad de rebasamiento el valor del Cuadro N° 40 correspondiente a 150 m recomendado por el MOP para caminos vecinales.

6.7.1.3 Alineamiento horizontal

a) Peralte

Como la vía en estudio se clasificó como IV orden y la velocidad de diseño fue de 40 Km/h, al cotejarlo con la tabla del MOP del Anexo E se obtuvo un valor de peralte máximo del 8% (0.08) para $V < 50$ Km/h.

b) Radio mínimo de curvas horizontales

El radio mínimo para las curvas horizontales se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Siendo:

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

V_d = Velocidad de diseño (Km/h).

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva (m/m)

Para el caso del proyecto los valores correspondientes a f y e fueron:

$f = 0.221$ (Ver Cuadro N° 10)

$e = 8\%$ (Ver Anexo E)

$$R = \frac{(40\text{Km/h})^2}{127(0.08 + 0.221)}$$

$$R = 41.85\text{m} \approx 42\text{m}$$

El valor se ha redondeado a múltiplo de cinco por facilidad constructiva, dando un $R_{\text{mín}} = 45$ m.

Nota: Las curvas horizontales del proyecto deben tener el R_{\min} calculado anteriormente, pero debido a la dificultad que presenta el terreno se obedeció a cierta recomendación propuesta por el MOP donde establece: “Para los caminos clase IV y V, se podrá utilizar $V_d = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado)”.

c) Elementos de la curva horizontal

Para el cálculo típico se tomó como referencia la curva horizontal N° 23 y se procedió de la siguiente manera:

Datos:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta = \alpha = 81^\circ 06' 20'' \\ R = 65 \text{ m} \\ PC = 2+704.61 \text{ m} \end{array} \right\} \text{Valores obtenidos del AUTOCIVIL 3D.}$$

Solución:

➤ *Grado de curvatura (G_c)*

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R}$$

$$G_c = \frac{20 * 180}{\pi(65m)} = 17.63^\circ = 17^\circ 37' 46''$$

➤ *Longitud de la curva (L_c)*

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360}$$

$$L_c = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi(65m)(81^\circ 06' 20'')}{180} = 92.01m$$

➤ *Tangente de curva o subtangente (T)*

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 65m * \tan\left(\frac{81^\circ 06' 20''}{2}\right) = 55.62m$$

➤ *External (E)*

$$E = R * \left[\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right] = 65m * \left[\sec\left(\frac{81^{\circ}06'20''}{2}\right) - 1 \right] = 20.55m$$

➤ *Flecha u ordenada media (M)*

$$M = R * \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right] = 65m * \left[1 - \cos\left(\frac{81^{\circ}06'20''}{2}\right) \right] = 15.61m$$

➤ *Cuerda (C)*

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama cuerda larga. Se la representa con las letras "CL" y su fórmula es:

$$CL = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 65m * \sin\left(\frac{81^{\circ}06'20''}{2}\right) = 84.52m$$

A partir de los elementos calculados anteriormente se procedió a calcular el abscisado de los puntos principales de la curva circular como se indica a continuación:

$$\text{Si } PC = PI - T$$

$$\Rightarrow PI = PC + T$$

$$PC = 2+704.61 \text{ m}$$

$$+T = 55.62 \text{ m}$$

$$\hline PI = 2+760.23 \text{ m}$$

Siendo:

PC = Punto de comienzo de la curva.

PI = Punto de intersección de la curva.

$$PT = PC + L_c$$

$$PC = 2+704.61 \text{ m}$$

$$+L_c = 92.01 \text{ m}$$

$$\hline PT = 2+796.62 \text{ m}$$

PT = Punto terminal de la curva.

Los valores correspondientes a los elementos de cada una de las curvas horizontales se detallan en los planos correspondientes.

d) Tangente intermedia mínima

Cuadro N° 41: Longitud mínima de transición en función del peralte máximo “e”
(Valores recomendables)

V _d Km/h	Pendiente de borde %	Ancho de calzada 6.00 m (2 x 3.00 m)				Valor de la longitud tangencial			
		e				e			
		0.10	0.08	0.06	0.04	0.10	0.08	0.06	0.04
Bombeo = 2%									
20	0.800		30	23	15		8	8	8
25	0.775		31	23	15		8	8	8
30	0.750		32	24	16		8	8	8
35	0.725		33	25	17		8	8	8
40	0.700		34	26	17		9	9	9
45	0.675		36	27	18		9	9	9
50	0.650		37	28	18		9	9	9
60	0.600	50	40	30	20	10	10	10	10
70	0.550	55	44	33	22	11	11	11	11
80	0.500	60	48	36	24	12	12	12	12
90	0.470	64	51	38	26	13	13	13	13
100	0.430	70	56	42	28	14	14	14	14
110	0.400	75	60	45	30	15	15	15	15
120	0.370	81	65	49	32	16	16	16	16

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

Se puede dar según la distribución de la longitud de transición tanto en la tangente como dentro de la curva circular:

1. $2/3 L$ en tangente (antes del PC y después del PT), y $1/3 L$ en la curva, (después del PC y antes del PT).

$$T_{IM} = \frac{2}{3}L_1 + \frac{2}{3}L_2 + X_1 + X_2$$

La longitud mínima de arco circular (o transición de bombeo) = $\frac{1}{3}(L_1 + L_2)$

Siendo: T_{IM} = Tangente intermedia mínima, m.

$L_{1,2}$ = Longitud de transición, m.

$X_{1,2}$ = Longitud tangencial, m.

Para el proyecto se consideró:

Longitud de transición mínima = 34 m (Cuadro N° 41)

Longitud tangencial = 9 m (Cuadro N° 41)

Si $L_1 = L_2$, entonces:

$$T_{IM} = 2 \left(\frac{2}{3} L_1 \right) + 2X_1 = 2 \left(\frac{2}{3} * 34m \right) + 2 * 9m = 63.33m \approx 63m$$

$$\text{La longitud mínima de arco circular} = \frac{1}{3}(34m + 34m) = 22.67m \approx 23m$$

2. *50 % en tangente y 50 % en la curva circular.*

$$T_{IM} = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + X_1 + X_2$$

$$\text{La longitud mínima de arco circular} = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$$

Si $L_1 = L_2$, entonces:

$$T_{IM} = L_1 + 2X_1 = 34m + 2 * 9m = 52m$$

$$\text{La longitud mínima de arco circular} = \frac{1}{2}(34m + 34m) = 34m$$

3. *100 % dentro del arco de curva circular.*

$$T_{IM} = X_1 + X_2$$

$$\text{La longitud mínima de arco circular} = 2(L_1 + L_2)$$

Si $L_1 = L_2$, entonces:

$$T_{IM} = 2X_1 = 2 * 9m = 18m$$

$$\text{La longitud mínima de arco circular} = 2(34m + 34m) = 68m$$

e) Sobreebancho en las curvas horizontales

Se adoptó como sobreebancho mínimo para las curvas horizontales de 0.30 m, puesto que la velocidad de diseño fue de 40 Km/h por razones de costo así como establece el MOP.

6.7.1.4 Alineamiento vertical

a) Gradiente máxima

Para una vía de clase IV con relieve montañoso según el Cuadro N° 12 del MOP, la pendiente longitudinal máxima establecida para el proyecto fue de 8% (0.08), pero también fue necesario obedecer a cierta recomendación brindada por la misma entidad donde establece que se puede llegar a tener hasta una pendiente del 14% con una longitud máxima de 250 m, como es el caso del tramo ubicado entre la Curva vertical N°15 y N°16 que tiene una longitud de 230.85 m.

b) Gradiente mínima

La pendiente mínima adoptada para el presente estudio fue de 0.5% de acuerdo al Anexo E recomendado por el MOP.

c) Curvas verticales

Para el cálculo típico se adoptó la curva vertical N°16.

Datos:

<u>Abcisas:</u>	<u>Cotas:</u>	} Valores obtenidos del AUTOCIVIL 3D.
PCV = 4+474.18 m	PCV = 2354.81 m	
PIV = 4+561.68 m	PIV = 2367.07 m	
PTV = 4+649.18 m	PTV = 2358.65 m	

Siendo: PCV = Punto de comienzo de la curva vertical.

PIV = Punto de intersección de la curva vertical.

PTV = Punto final de la curva vertical.

Solución:

➤ *Longitud de curva vertical L_{cv}*

$$\begin{array}{r} PTV = 4+649.18 \text{ m} \\ - PCV = 4+474.18 \text{ m} \\ \hline L_{cv} = 175 \text{ m} \end{array}$$

➤ *Longitud de entrada L_1 y salida L_2*

Para el proyecto todas las curvas fueron simétricas por lo que:

$$L_1 = L_2 = \frac{L_{cv}}{2} = \frac{175}{2} = 87.5 \text{ m}$$

➤ *Abscisa del punto de intersección de tangentes PIV*

$$\begin{array}{r} PIV = PCV + \frac{L_{cv}}{2} \\ PCV = 4+474.18 \text{ m} \\ + \frac{L_{cv}}{2} = 87.50 \text{ m} \\ \hline PIV = 4+561.68 \text{ m} \end{array}$$

➤ *Gradiente de entrada g_1 y salida g_2*

$$g_1 = \frac{\text{Cotas}(PIV - PCV)}{\text{Abscisas}(PIV - PCV)} * 100 = \frac{2367.07 - 2354.81}{4561.68 - 4474.18} * 100 = 14.0\%$$

→ $0.5\% < 14.0\% \leq 14\%$ OK

$$g_2 = \frac{\text{Cotas}(PTV - PIV)}{\text{Abscisas}(PTV - PIV)} * 100 = \frac{2358.65 - 2367.07}{4649.18 - 4561.68} * 100 = -9.61\%$$

→ $0.5\% < 9.61\% < 14\%$ OK

El valor de g_1 fue positivo y g_2 fue negativo, entonces se trata de una curva vertical convexa.

➤ *Diferencia algebraica de gradientes (A)*

$$A = g_1 - g_2 = 14.0\% - (-9.61\%) = 23.61\%$$

➤ *Cambio de variación de pendiente por unidad de longitud (factor K)*

La fórmula para calcular la longitud de una curva vertical cóncava y convexa es:

$$L_{cv} = K * A$$

Por lo que el coeficiente fue:

$$K_{calc} = \frac{L_{cv}}{A} = \frac{175m}{23.61\%} = 7.41$$

El coeficiente K mínimo para la curva vertical convexa del proyecto de acuerdo al Cuadro N° 13 establecido por el MOP fue 7.

Entonces como $K_{calc} > K_{MOP}$ OK

➤ *Longitud mínima para curvas verticales cóncavas y convexas*

$$L_{mín} = 0.60 * V_d$$

Siendo:

V_d = Velocidad de diseño (Km/h).

$$L_{mín} = 0.60 * 40Km/h$$

$$L_{mín} = 24m$$

Como $L_{cv} = 175m$ y $L_{mín} = 24m$

Entonces $L_{cv} > L_{mín}$ OK

En el proyecto todas las curvas verticales tuvieron longitudes superiores al valor mínimo calculado, lo que se puede constatar en los planos adjuntos.

6.7.1.5 Sección transversal

Para vías de IV orden el MOP recomienda un ancho de calzada de 6 metros cuyo bombeo para el drenaje de agua lluvias fue del 2%, ya que se diseñó con capa de rodadura asfáltica, también se incrementó el espaldón de 0.60 metros con un bombeo de 4% para el lado derecho donde se tuvo el talud de relleno por seguridad y se añadió una cuneta de sección triangular para el lado izquierdo donde se tuvo el talud de corte; debido a la pendiente transversal fuerte del terreno en la que se enmarcó la vía, los taludes se diseñaron con valores de 1:4 para el caso de corte para minimizar el movimiento de tierras y para el caso de relleno de 1:1, quedando así conformada la sección transversal de todo el proyecto.

6.7.2 Diseño del pavimento

En el país aún no se cuenta con una metodología propia para diseñar el pavimento es por esto que se ha venido adoptando el creado por el AASHTO-93, ajustando a las condiciones y requerimientos del Ecuador.

6.7.2.1 Método AASHTO-93 para pavimentos flexibles

El actual método de la AASHTO, versión 1993, establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. (Rico y Otros, 1998, p. 61).

Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general que involucra los siguientes parámetros:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07$$

a) Tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “W₁₈”

Las diversas cargas que actúan sobre un pavimento producen múltiples tensiones y deformaciones en el mismo, así también los diferentes espesores del pavimento y materiales, responden de manera desigual a una misma carga. Como estas cargas producen tensiones y deformaciones variables en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas. Para tomar en cuenta esta discrepancia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASHTO es de 80 kN, 18 kips u 8.2 ton y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga LEF (Load Equivalent Factor). (Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, 2002, cap. 3, p. 3).

Para calcular los ejes equivalentes de diseño se debe tener en cuenta lo siguiente:

Periodos de diseño

Es el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable. Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación o reconstrucción.⁷

La vida útil del pavimento: Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

⁷Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/111975795/disenio-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93>

La metodología AASHTO-93 recomienda los siguientes periodos de diseño en función del tipo de carretera:

Cuadro N° 42: Periodos de diseño en función del tipo de carretera

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







Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

La vía en estudio es pavimentada de bajo volumen por lo se eligió para el diseño un periodo de análisis promedio de 20 años.

Factor de daño (FD)



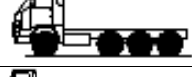

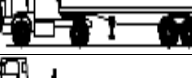
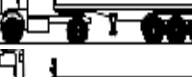
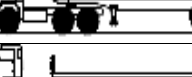
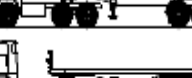
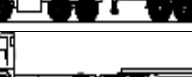


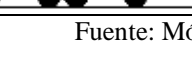
Para expresar el deterioro que produce un vehículo en particular hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo, de este criterio nace el concepto de Factor de Daño. Este factor se calcula para cada clase particular de vehículo, principalmente para camiones pesados y debe hacerse usando los pesos límites de cada vehículo.

Cuadro N° 43: Categorización según el tipo de vehículo

Vehículo	Categoría	Descripción
	C-2-P	Camión 2 ejes pequeños
	C-2-G	Camión 2 ejes grande
	C-3	Camión 3 ejes (Tándem)
	C-4	Camión 4 ejes (Trídem)
	C-5	Camión 5 ejes (Duo tándem)
	C-6	Camión 6 ejes

Fuente: Módulo de pavimentos del Ing. Frixon Moreira, 2012.

Cuadro N° 44: Dimensiones y cargas según el tipo de vehículo

Vehículos y sus combinaciones		Longitud total (m)	Carga por eje (ton)				Peso bruto máximo	
Símbolo	Diagrama		Eje delantero	Carga por eje posterior				
				1° Eje	2° Eje	3° Eje		4° Eje
C-2		13.20	6	11			17	
C-3		13.20	6	18			24	
C-4		13.20	6	25			31	
T2S1 2S1		18.30	6	11	11		28	
T2S2 2S2		18.30	6	11	18		35	
T2S3 2S3		18.30	6	11	25		42	
T3S1 3S1		18.30	6	18	11		35	
T3S2 3S2		18.30	6	18	18		42	
T3S3 3S3		18.30	6	18	25		48	
C2-R2 2T2		18.00	6	11	11	11	39	
C2-R3 2T3		18.30	6	11	11	18	46	
C3-R2 3T2		18.30	6	18	11	11	46	

Fuente: Módulo de Pavimentos del Ing. Frixon Moreira, 2012.

A continuación se muestra el cálculo del factor de daño para el vehículo pesado que se presentó al momento del conteo vehicular (C-2-G), el cual consta de los siguientes ejes:

$$\rightarrow \text{Eje simple} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 = \left(\frac{6}{6.6}\right)^4 = 0.6830$$

$$\rightarrow \text{Eje simple doble} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4 = \left(\frac{11}{8.2}\right)^4 = 3.2383$$

Siendo: P = Peso del eje en toneladas.

$$FD_{C-2-G} = FD_{Eje\ simple} + FD_{Eje\ simple\ doble} = 0.6830 + 3.2383 = 3.9213$$

Cuadro N° 45: Factores de daño según tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple doble		Tándem		Trídem		Factor daño
	P (Ton)	$\left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	P (Ton)	$\left(\frac{P}{8.2}\right)^4$	P (Ton)	$\left(\frac{P}{15}\right)^4$	P (Ton)	$\left(\frac{P}{23}\right)^4$	
BUS	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2-P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							
C-2-G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			18	2.07			2.76
C-4	6	0.68					25	1.40	2.08
C-5	6	0.68			18	4.15			4.83
C-6	6	0.68			18	2.07	25	1.40	4.15
C2-R3 2T3	6	0.68	11	6.48	18	2.07			9.23

Fuente: Autora

Factor de distribución por carril (DC)

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ejes equivalentes. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril; para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril. (Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos, 2002, cap. 3, p. 29).

Cuadro N° 46: Factor de distribución por carril

Número de carriles en una sola dirección	% de W_{18} en el carril de diseño (DC)
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Factor de distribución por dirección (DD)

Indica la distribución del tráfico para cada dirección en la vía.

Cuadro N° 47: Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos en el carril de diseño (DD)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

A menos que existan consideraciones especiales, se estima una distribución del 50% del tránsito para cada dirección. En algunos casos puede variar de 0,3 a 0,7 dependiendo de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.⁸

➤ **Cálculo del W_{18} acumulado**

El W_{18} para un año se calculó considerando al tránsito pesado (buses y camiones) y el daño que producen los ejes de dichos vehículos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$W_{18} = (N_{Buses} * FD_{Buses} + N_{C2P} * FD_{C2P} + N_{C2G} * FD_{C2G} + \dots) * 365$$

Siendo:

W_{18} = Tránsito en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton.

N = Número de vehículos pesados.

FD = Factor de daño de acuerdo al tipo de vehículo pesado.

Los W_{18} para los tres primeros años fueron:

$$W_{18_{2015}} = (0 * 1.04 + 0 * 1.29 + 20 * 3.9213) * 365 = 28626$$

$$W_{18_{2016}} = (0 * 1.04 + 0 * 1.29 + 21 * 3.9213) * 365 = 30057$$

$$W_{18_{2017}} = (0 * 1.04 + 0 * 1.29 + 21 * 3.9213) * 365 = 30057$$

El W_{18} acumulado para el año 2016 fue:

$$W_{18_{acumulado}} = W_{18_{acumulado \text{ año anterior}}} + W_{18_{2016}} = 28626 + 30057 = 58683$$

El W_{18} acumulado para el año 2017 fue:

$$W_{18_{acumulado}} = W_{18_{acumulado \text{ año anterior}}} + W_{18_{2017}} = 58683 + 30057 = 88740$$

Y de igual forma se calculó para los años posteriores, sumando el W_{18} acumulado hasta el año anterior y el W_{18} del año en estudio, finalizando al completar el periodo de diseño.

⁸Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/111975795/disenio-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93>

➤ **Cálculo del W₁₈ acumulado por carril de diseño**

Se calculó tomando el 50% del W₁₈ acumulado de cada año de la siguiente manera:

El W₁₈ acumulado por carril de diseño para el año 2015 fue:

$$W_{18_{\text{carril diseño}}} = W_{18_{\text{acumulado}}} * 50\% = 28626 * 50\% = 14313$$

El W₁₈ acumulado por carril de diseño para el año 2016 fue:

$$W_{18_{\text{carril diseño}}} = W_{18_{\text{acumulado}}} * 50\% = 58683 * 50\% = 29342$$

Y así sucesivamente hasta culminar con todo el periodo de diseño de 20 años, como se muestra en el próximo cuadro:

Cuadro N° 48: Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 Ton

Año	% Crecimiento			Tránsito Promedio Diario			W ₁₈ Acumulado	W ₁₈ Carril diseño
	Livianos	Buses	Camiones	TPDA Total	Livianos	Camiones C-2-G		
2015	4.47%	2.22%	2.18%	140	120	20	28626	14313
2016	3.97%	1.97%	1.94%	146	125	21	58683	29342
2017	3.97%	1.97%	1.94%	151	130	21	88740	44370
2018	3.97%	1.97%	1.94%	157	135	22	120229	60115
2019	3.97%	1.97%	1.94%	163	141	22	151718	75859
2020	3.97%	1.97%	1.94%	169	146	23	184638	92319
2021	3.57%	1.78%	1.74%	172	149	23	217558	108779
2022	3.57%	1.78%	1.74%	177	154	23	250478	125239
2023	3.57%	1.78%	1.74%	182	159	23	283398	141699
2024	3.57%	1.78%	1.74%	189	165	24	317749	158875
2025	3.57%	1.78%	1.74%	195	171	24	352100	176050
2026	3.25%	1.62%	1.58%	195	171	24	386451	193226
2027	3.25%	1.62%	1.58%	202	177	25	422233	211117
2028	3.25%	1.62%	1.58%	207	182	25	458015	229008
2029	3.25%	1.62%	1.58%	213	188	25	493797	246899
2030	3.25%	1.62%	1.58%	220	194	26	531011	265506
2031	3.25%	1.62%	1.58%	227	201	26	568225	284113
2032	3.25%	1.62%	1.58%	234	207	27	606870	303435
2033	3.25%	1.62%	1.58%	241	214	27	645515	322758
2034	3.25%	1.62%	1.58%	248	221	27	684160	342080
2035	3.25%	1.62%	1.58%	256	228	28	724236	362118

Fuente: Autora

b) Confiabilidad, “R”

El nivel de confianza está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las sollicitaciones exteriores. La confiabilidad R se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las sollicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.⁹

Cuadro N° 49: Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Por ser la vía en estudio un camino vecinal y estar ubicado en una zona rural, para el proyecto se adoptó un valor de R de 70.

Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente Zr (desviación estándar normal). A su vez, Zr determina en conjunto con el factor So (desviación estándar global), un factor de confiabilidad.

A continuación se muestra un cuadro de los valores de desviación estándar normal en función de la confiabilidad:

⁹Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/111975795/disen-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93>

Cuadro N° 50: Valores de Z_R en función de la confiabilidad

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

c) Desviación estándar global, “So”

Está ligado directamente con la Confiabilidad R, consiste en seleccionar un valor So “Desviación Estándar Global” representativo de condiciones locales particulares, que considere posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

El rango de So sugerido por la AASHTO para pavimentos flexibles se encuentra entre $0,40 < So < 0,50$.

Se recomienda utilizar 0,45.

d) Módulo de resiliencia “Mr” (Característica de la subrasante)

La subrasante es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento, es por esto que inicialmente, se efectuaron ensayos utilizando cargas estáticas o de baja velocidad de deformaciones tales como el CBR, ensayos de comprensión simple. Luego fueron reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas como el módulo de resiliencia, que son pruebas que demuestran en mejor forma el comportamiento y lo que sucede debajo de los pavimentos en lo que respecta a tensiones y deformaciones.

La guía AASHTO reconoce que muchos países no poseen los equipos necesarios para realizar ese tipo de ensayo, por ello plantea fórmulas donde correlaciona el módulo resiliente con el CBR.

- $Mr(psi) = 1500 * CBR$ para $CBR < 10\%$ (sugerida por AASHTO).
- $Mr(psi) = 3000 * CBR^{0.65}$ para $CBR 7.2\% - 20\%$ (ecuación desarrollada en Sudáfrica).
- $Mr(psi) = 4326 * \ln CBR + 241$ (Para suelos granulares utilizado por la AASHTO).

En el capítulo IV se pudo determinar un CBR de diseño de 14.9%, recayendo en el rango de 7.2% a 20%, por lo que se procedió a calcular el módulo de resiliencia con la segunda ecuación.

$$Mr(psi) = 3000 * CBR^{0.65}$$

$$Mr(psi) = 3000 * (14.9)^{0.65}$$

$$Mr(psi) = 17365.70 \text{ psi}$$

e) Índice de serviciabilidad “PSI”

Se define el Índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final.

Índice de servicio inicial

El índice de servicio inicial PSI_0 depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de $PSI_0 = 4,2$.

Índice de servicio final

El índice de servicio final PSI_t representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, para el cual AASHTO maneja valores de 3.0, 2.5 y 2.0 recomendando:

2.5 o 3.0	→	Caminos principales
2.0	→	Caminos secundarios

f) Pérdida o diferencia de serviciabilidad “ ΔPSI ”

Representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento,¹⁰ por lo tanto:

$$\Delta PSI = PSI_0 - PSI_t$$

Siendo:

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

PSI_0 = Índice de servicio inicial.

PSI_t = Índice de servicio final.

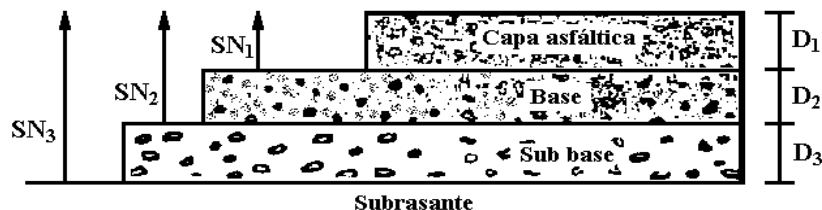
$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

g) Determinación de espesores por capas

La estructura del pavimento flexible está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias.

Gráfico N° 33: Espesores de las capas del pavimento



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

¹⁰Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/111975795/disenio-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93>

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta, de la capa base y de la sub-base:

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

Siendo:

a_1, a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta, base y sub-base respectivamente.

D_1, D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente, (plg).

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub-base, respectivamente.¹¹

A continuación se presentan los valores de los espesores mínimos en pulgadas, sugeridos por el método para carpetas asfálticas y bases granulares, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados.

Cuadro N° 51: Espesores mínimos en pulgadas en función de los ejes equivalentes

Tránsito en ejes equivalentes	Carpetas asfálticas (plg)	Bases granulares (plg)
Menos de 50000	1,0 o T.S.	4.0
50001 – 150000	2.0	4.0
150001 – 500000	2.5	4.0
500001 – 2'000000	3.0	6.0
2'000001 – 7'000000	3.5	6.0
Mayor de 7'000000	4.0	6.0

T.S = Tratamiento superficial.

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

De acuerdo al $W_{18} = 362118$ obtenido en el proyecto, el espesor mínimo para la carpeta asfáltica D_1 fue de 2.5 plg y para la base granular D_2 de 4.0 plg, pero estos

¹¹ Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/111975795/disenio-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93>

valores pueden ser variados siempre y cuando se demuestre matemáticamente que dichas capas cumplirán con los requerimientos.

Coeficientes estructurales (a_1, a_2, a_3)

Estos coeficientes representan la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes.

➤ **Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a_1**

Para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica se recurrió al valor de la Estabilidad Marshall recomendada por el MOP de acuerdo a una cierta clasificación que hace con el tráfico, en función del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de los vehículos pesados esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación.

Tráfico TPDA:

- ✓ Liviano: Menos de 50
- ✓ Medio: De 50 a 200
- ✓ Pesado: De 200 a 1000
- ✓ Muy pesado: Más de 1000

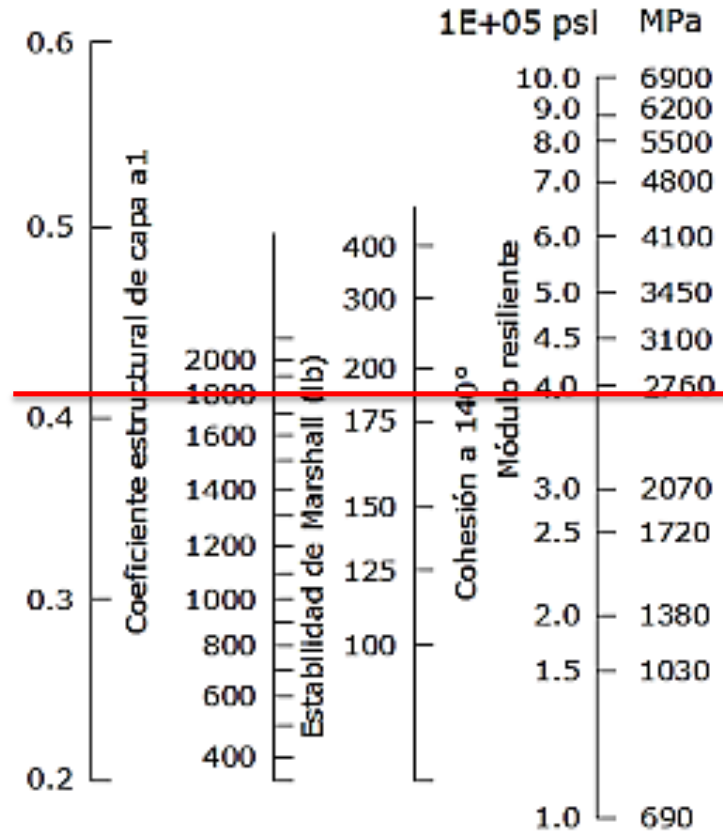
Cuadro N° 52: Estabilidad Marshall según la clasificación IMDP

Tipo de tráfico	Muy pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Para la Estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica del proyecto se consideró un valor de 1800 lbs.

Gráfico N° 34: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a_1



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

De donde se pueden apreciar los siguientes valores:

Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica $a_1 = 0.41$

Módulo de resiliencia $M_{r1} = 3.9 \text{ E}+05 \text{ psi} = 390000 \text{ psi} = 390 \text{ ksi}$

Solo para el caso de las carpetas asfálticas se puede considerar al Módulo de resiliencia igual al Módulo de elasticidad con lo que también se obtiene por interpolación el valor de a_1 .

Cuadro N° 53: Coeficiente estructural a_1 en función del módulo de elasticidad

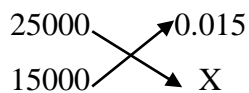
Módulos elásticos		Valores de a_1
psi	MPa	
125000	875	0.220
150000	1050	0.250
175000	1225	0.280
200000	1400	0.295
225000	1575	0.320
250000	1750	0.330
275000	1925	0.350
300000	2100	0.360
325000	2275	0.375
350000	2450	0.385
375000	2625	0.405
400000	2800	0.420
425000	2975	0.435
450000	3150	0.440

390000 { X = ?

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Interpolación:

M. Elástico	a_1	M. Elástico
400000	0.420	390000
-375000	0.405	-375000
<hr/>	<hr/>	<hr/>
25000	0.015	15000



$$X = \frac{15000 * 0.015}{25000} = 0.009$$

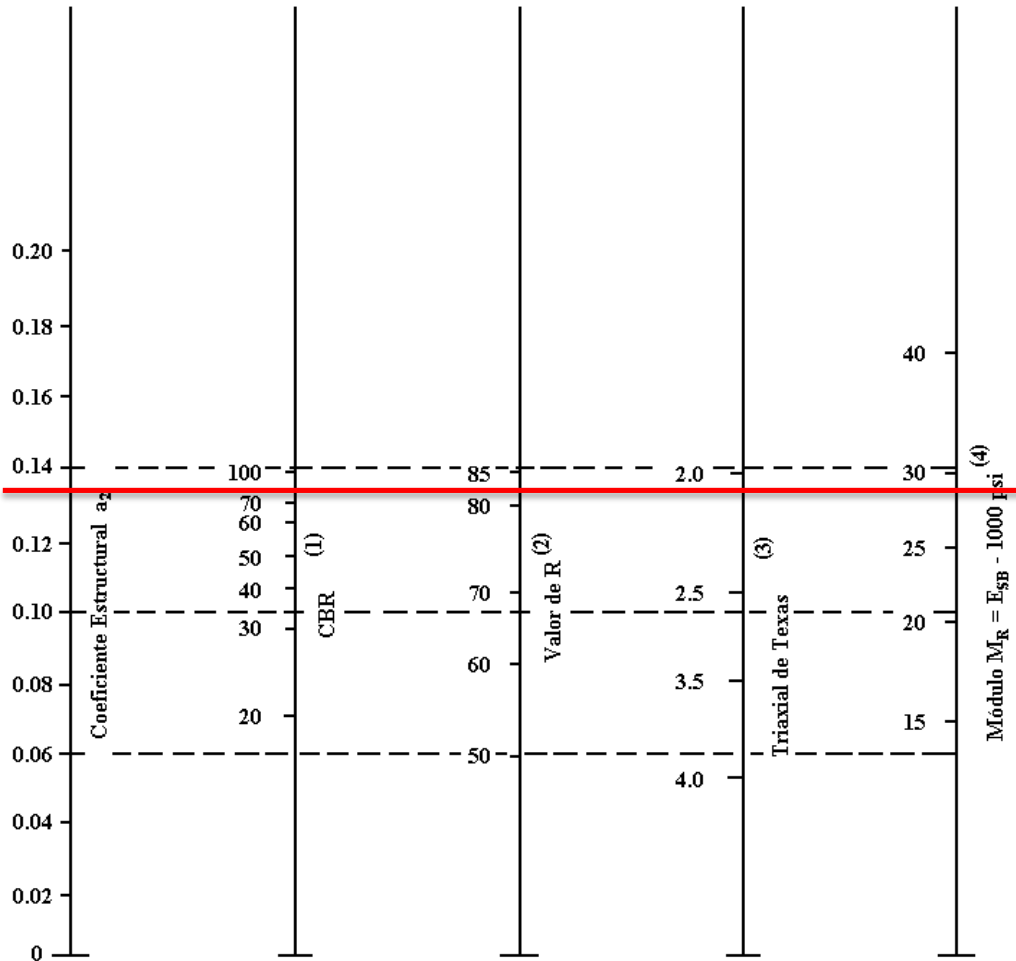
$$a_1 = 0.405 + 0.009 = 0.414$$

$$\Rightarrow a_1 = 0.414$$

➤ **Coeficiente estructural de la base granular a_2**

Como se mencionó en el capítulo II, las bases deben tener un CBR $\geq 80\%$ de acuerdo a las especificaciones técnicas del MOP, con lo cual se determina el coeficiente estructural de la capa base.

Gráfico N° 35: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la base a_2



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

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Cuadro N° 54: Coeficiente estructural de la capa base a_2

CBR %	a_2	CBR %	a_2	CBR %	a_2
20	0.070	40	0.105	70	0.130
25	0.085	45	0.112	80	0.133
30	0.095	50	0.115	90	0.137
35	0.100	60	0.125	100	0.140

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

De donde se obtuvo:

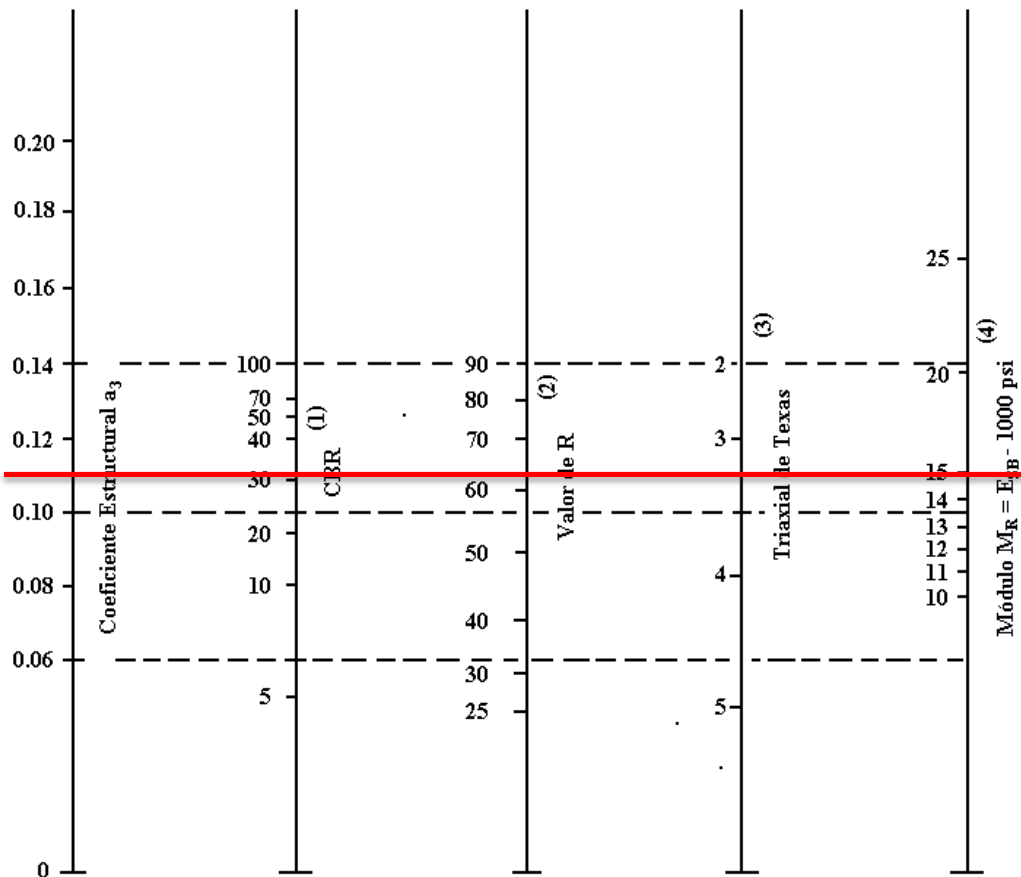
Coeficiente estructural de la base $a_2 = 0.133$.

Módulo de resiliencia $Mr_2 = 28500 \text{ psi} = 28.5 \text{ ksi}$

➤ **Coefficiente estructural de la sub-base granular a_3**

Como se mencionó en el capítulo II, las sub-bases deben tener un $CBR \geq 30\%$ de acuerdo a las especificaciones técnicas del MOP, con lo cual se determina el coeficiente estructural de la capa sub-base.

Gráfico N° 36: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la sub-base a_3



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

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Cuadro N° 55: Coeficiente estructural de la capa sub-base a_3

CBR %	a_3	CBR %	a_3	CBR %	a_3
10	0.080	30	0.108	70	0.130
15	0.090	40	0.120	80	0.135
20	0.093	50	0.125	90	0.138
25	0.102	60	0.128	100	0.140

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

De donde se obtuvo:

Coefficiente estructural de la sub-base $a_3 = 0.108$

Módulo de resiliencia de la sub-base $Mr_3 = 14800 \text{ psi} = 14.8 \text{ ksi}$.

Coefficientes de drenaje (m_2, m_3)

La calidad del drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y sub-base).

Cuadro N° 56: Calidad de drenaje

Calidad del drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Los valores recomendados para m_2 y m_3 en función de la calidad de drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento puede estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 57: Coeficientes de drenaje m_2 y m_3

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos de 1%	1 – 5%	5 – 20%	Más del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Buena	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Deficiente	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Para el caso del proyecto se consideró una calidad de drenaje buena con coeficientes de m_2 y m_3 de 1.10 para base y sub-base.

➤ **Cálculo de los espesores de las capas que conforman el pavimento**

El espesor de cada una de las capas que conforman el pavimento flexible se lo determinó en base a los siguientes parámetros obtenidos anteriormente:

Tipo de pavimento	Flexible
Periodo de diseño	20 años
W_{18} acumulado para el carril de diseño	362118 = 3.62 E+05
Confiabilidad R	70
Desviación estándar normal Z_r	-0,524
Desviación estándar global S_o	0.45
Módulo de resiliencia de la subrasante M_r	17365.7psi = 17.366ksi
Serviciabilidad inicial PSI_o	4.2
Serviciabilidad final PSI_t	2.0
Pérdida de serviciabilidad ΔPSI	2.2
Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica a_1	0.414
Coefficiente estructural de la base a_2	0.133
Coefficiente estructural de la sub-base a_3	0.108
Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica M_{r1}	390000psi = 390ksi
Módulo de resiliencia de la base M_{r2}	28500psi = 28.5ksi
Módulo de resiliencia de la sub-base M_{r3}	14800psi = 14.8ksi
Coefficiente de drenaje de la base m_2	1.10
Coefficiente de drenaje m_3	1.10

Una vez obtenidos estos valores, primero se determinó el valor de SN, utilizando un software denominado “Ecuación AASHTO 93”, el cual requiere de la confiabilidad R, la desviación estándar S_o , la serviciabilidad inicial PSI_o y final PSI_t , el Módulo resiliente de la subrasante M_r y el número de ejes equivalentes acumulados al final del periodo de diseño W_{18} .

Gráfico N° 37: Cálculo del número estructural “SN” requerido en el software “Ecuación AASHTO 93”

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '70 % Zr=-0.524' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' with the value '17365.7 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 362118'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 1.85'. A red callout box points to this value with the text '“SN” requerido'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Fuente: Autora

Seguidamente se ingresaron los datos anteriores en una hoja de cálculo de Excel, la cual permitió obtener los espesores de cada una de las capas del pavimento flexible.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
MÉTODO AASHTO 1993



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sección: Km 5+000 – Km 10+400

Fecha: 08/05/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

DATOS DE ENTRADA:

1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES

DATOS

A. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFÁLTICA (ksi)	390.00
B. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28.50
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	14.80

2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.62E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	70%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.524
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	17.37
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20

3. DATOS PARA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0.414
Base granular (a ₂)	0.133
Sub-base (a ₃)	0.108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	1.100
Sub-base (m ₃)	1.100

DATOS DE SALIDA:

NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1.85
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN _{CA})	1.51
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.45
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB-BASE (SN _{SB})	-0.12

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA

	TEÓRICO	PROPUESTA		
		ESPESOR	SN (calc)	
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	9.3 cm	5.0 cm	2.0 ^{''}	0.81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	7.8 cm	10.0 cm	3.9 ^{''}	0.58
ESPESOR SUB-BASE GRANULAR (cm)	-2.5 cm	10.0 cm	3.9 ^{''}	0.47
ESPESOR TOTAL (cm)		25.0 cm	9.8 ^{''}	1.86

➤ **Análisis del diseño final con sistema multicapa**

La estructura del pavimento flexible es un sistema de varias capas y debe diseñarse de acuerdo a cada una. Es por esto que primero se calculó el número estructural SN sobre la capa de subrasante donde se asentará todo el paquete estructural, luego fue necesario calcular el número estructural sobre las capas de sub-base y base utilizando los correspondientes módulos de resiliencia para determinar el espesor de cada una de las capas.

Espesor de la carpeta asfáltica D_1

Para determinar el espesor de la carpeta asfáltica D_1 se tomó el Mr de la base, con lo que se obtuvo el SN_1 que deberá ser absorbido por esta capa.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. It contains several input fields and buttons. Under 'Tipo de Pavimento', 'Pavimento flexible' is selected. 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' shows '70 % Zr=-0.524' and 'So = 0.45'. 'Serviciabilidad inicial y final' shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. 'Módulo resiliente de la subrasante' shows 'Mr = 28500 psi' with a red box around it and an arrow pointing to the text 'Mr base'. 'Información adicional para pavimentos rígidos' has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. 'Tipo de Análisis' shows 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 362118' and 'Número Estructural SN = 1.51' displayed. 'Calcular' and 'Salir' buttons are at the bottom.

$$SN_1 = 1.51$$

Teórico:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1.51}{0.414}$$

$$D_1 = 3.65 \text{ plg} = 9.26 \text{ cm}$$

Propuesta:

$$D_1' = 5 \text{ cm}$$

$$SN_1' = D_1' * a_1$$

$$SN_1' = (5 \text{ cm} * 0.414) / 2.54 \text{ cm}$$

$$SN_1' = 0.81$$

Espesor de la base granular D_2

Para determinar el espesor de la base granular D_2 se tomó el Mr de la sub-base, con lo que se obtuvo el SN_2 que deberá ser absorbido por la base y la carpeta asfáltica.

$$SN_2 = 1.96$$

Teórico:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{1.96 - 0.81}{0.133 * 1.10}$$

$$D_2 = 7.86plg = 19.97cm$$

Propuesta:

$$D_2' = 10cm$$

$$SN_2' = D_2' * a_2 * m_2$$

$$SN_2' = (10cm * 0.133 * 1.10)/2.54cm$$

$$SN_2' = 0.58$$

Espesor de la sub-base granular D₃

Para determinar el espesor de la sub-base granular D₃ se tomó el Mr de la subrasante, con lo que se obtuvo el SN₃ que deberá ser absorbido por todo el paquete estructural.

$$SN_3 = SN \text{ requerido} = 1.85 \text{ (Ver Gráfico N° 37)}$$

Teórico:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2' + SN_1')}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 = \frac{1.85 - (0.58 + 0.81)}{0.108 * 1.10}$$

$$D_3 = 3.87plg = 9.84cm$$

Propuesta:

$$D_3' = 10cm$$

$$SN_3' = D_3' * a_3 * m_3$$

$$SN_3' = (10cm * 0.108 * 1.10)/2.54cm$$

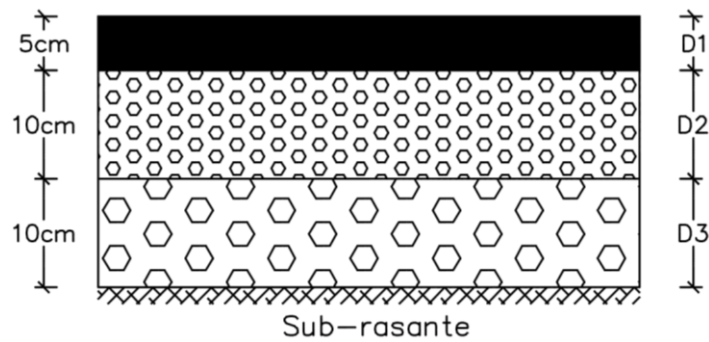
$$SN_3' = 0.47$$

Entonces: $SN_{calc} = SN_1' + SN_2' + SN_3'$
 $SN_{calc} = 0.81 + 0.58 + 0.47$
 $SN_{calc} = 1.86$

$$SN_{calculado} \geq SN_{requerido}$$

$$1.86 > 1.85 \quad \text{OK}$$

Gráfico N° 38: Espesores propuestos para el pavimento flexible



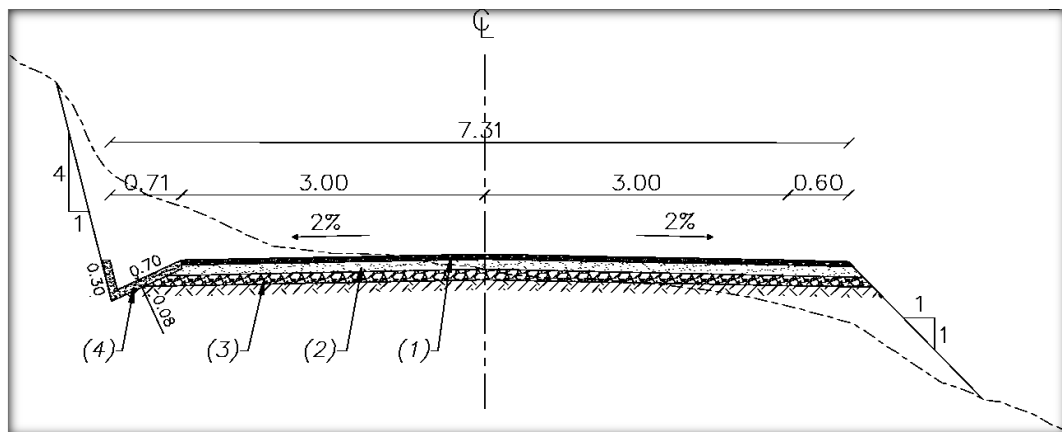
D_1 = Espesor de la carpeta asfáltica.

D_2 = Espesor de la capa base.

D_3 = Espesor de la capa sub-base.

Fuente: Autora

Gráfico N° 39: Sección tipo del proyecto



(1) Carpeta asfáltica $e = 0.05\text{m}$

(2) Base clase II $e = 0.10\text{m}$

(3) Sub-base clase II $e = 0.10\text{m}$

(4) Cuneta revestida de hormigón $f'c = 180\text{Kg/cm}^2$, $e = 0.08\text{m}$

Fuente: Autora

➤ **Propiedades de los materiales a utilizarse en el pavimento flexible**

Sub-bases y bases

Se utilizarán tanto las sub-bases como las bases de clase 2 descritas en el capítulo II, puesto que son los materiales que posee la cantera más cercana al proyecto (Kumochi) y deberán cumplir con los parámetros establecidos en la sección 403 y 404 de las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas como son:

Cuadro N° 58: Parámetros que deben cumplir las sub-bases y bases

Ensayos	Materiales	
	Sub-bases	Bases
CBR	≥ 30%	≥ 80%
Límite líquido (LL)	≤ 25%	
Índice plástico (Ip)	≤ 6%	
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles	≤ 50%	≤ 40%
Desgaste por acción de los sulfatos	-	≤ 12%

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Además estas sub-bases y bases cumplen con los siguientes límites granulométricos establecidos por el MOP.

Cuadro N° 19: Granulometría para las 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	--
1½" (38.1 mm)	100	70 – 100	--
N° 4 (4.75 mm)	30 – 70	30 – 70	30 – 70
N° 40 (0.425 mm)	10 – 35	15 – 40	--
N° 200 (0.075 mm)	0 – 15	0 – 20	0 – 20

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Cuadro N° 20: Granulometría para las bases

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada				
	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2" (50.4 mm)	100	--	--	--	100
1½" (38.1 mm)	70 – 100	100	--	--	--
1" (25.4 mm)	55 – 85	70 – 100	100	--	60 – 90
¾" (19.0 mm)	50 – 80	60 – 90	70 – 100	100	--
3/8" (9.5 mm)	35 – 60	45 – 75	50 – 80	--	--
N° 4 (4.75 mm)	25 – 50	30 – 60	35 – 65	45 – 80	20 – 50
N° 10 (2.00 mm)	20 – 40	20 – 50	25 – 50	30 – 60	--
N° 40 (0.425 mm)	10 – 25	10 – 25	15 – 30	20 – 35	--
N° 200 (0.075 mm)	2 – 12	2 – 12	3 – 15	3 – 15	0 – 15

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

Carpeta asfáltica

La capa de rodadura de los pavimentos flexibles está conformada por hormigón asfáltico, que es la mezcla de cemento asfáltico con agregados debidamente tamizados.

En el país el cemento asfáltico que se utiliza es el tipo AP-3 que es un cemento asfáltico medio cuyo grado de penetración es de ochenta a ciento veinte (80 - 120) décimas de milímetro.

Cuadro N° 59: Criterios de diseño para mezclas Marshall

Criterio de mezcla	Tráf. ligero		Tráf. medio		Tráf. pesado		Muy pesado	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Número de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75		75	
Estabilidad en libras	750		1200		1800		2200	
Flujo en centésimas de pulgada	8	18	8	16	8	14	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75	65	75
Relación filler/betún					0.8	1.2	0.8	1.2

Fuente: Módulo de pavimentos del Ing. Frixon Moreira, 2012.

Los agregados para las mezclas asfálticas estarán compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan con los límites granulométricos planteados:

Cuadro N° 60: Granulometría para los agregados de las mezclas asfálticas

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	N° 4
1" (25.4 mm)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm)	90 – 100	100	--	--
½" (12.7 mm)	--	90 – 100	100	--
3/8" (9.50 mm)	56 – 80	--	90 – 100	100
N° 4 (4.75 mm)	35 – 65	47 – 74	55 – 85	80 – 100
N° 8 (2.36 mm)	23 – 49	28 – 58	32 – 67	65 – 100
N° 16 (1.18 mm)	--	--	--	40 – 80
N° 30 (0.60 mm)	--	--	--	25 – 65
N° 50 (0.30 mm)	5 – 19	5 – 21	7 – 23	7 – 40
N° 100 (0.15 mm)	--	--	--	3 – 20
N° 200 (0.075 mm)	2 – 8	2 – 10	2 – 10	2 – 10

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP – 001 – F 2002.

A más de cumplir con los requisitos granulométricos los agregados deben cumplir con las siguientes exigencias:

Ensayo	Especificación
✓ Desgaste por acción de los sulfatos	≤ 12%
✓ Recubrimiento y peladura	Adherencia 95%
	Peladura 5%
✓ Índice plástico (Pasa #40)	< 4%
✓ Hinchamiento	1.50%

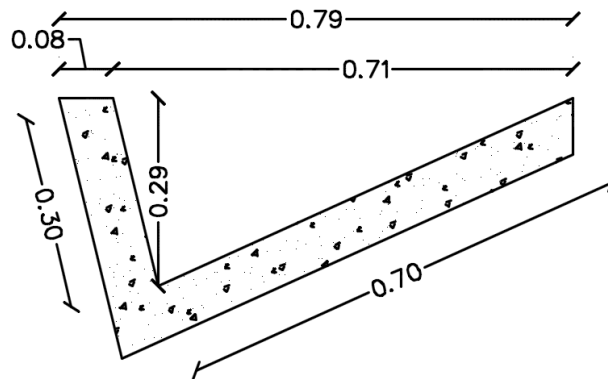
6.7.3 Sistemas de drenaje

6.7.3.1 Diseño de cunetas

El área hidráulica de una cuneta se determinará con base al caudal máximo de diseño, a la sección transversal, a la longitud, a la pendiente y a la velocidad.

Se deberá determinar la longitud máxima permisible de la cuneta, a fin de asegurar su funcionamiento eficiente y evitar, al mismo tiempo, que: (a) el nivel de agua rebase la sección y (b) se produzcan depósitos (azolves) en los tramos en que ocurren cambios de la pendiente longitudinal. (MOP, 2003).

Gráfico N° 40: Sección de cuneta propuesta para el proyecto



Fuente: Autora

Para el caso del proyecto se asumió una cuneta triangular por su facilidad constructiva y de mantenimiento, revestidas de hormigón simple con un $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, cuya descarga del caudal se lo realizará por medio de alcantarillas o cajas receptoras.

➤ Caudal admisible

Es el caudal que puede transportar la cuneta propuesta a sección llena.

El diseño de las cunetas se basa en el principio de canales abiertos con flujo uniforme aplicando la ecuación de continuidad y la fórmula de Manning:

$$Q = V * A \quad ; \quad V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * J^{1/2}$$

Siendo:

Q = Caudal que transporta la cuneta en m^3/seg .

V = Velocidad media del agua en m/s

A = Área mojada de la sección en m^2

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico (área/perímetro mojado) en m .

J = Pendiente en m/m , que coincide con la pendiente de la vía.

Para el cálculo se consideró que dicha cuneta va a trabajar en condiciones críticas (sección llena).

Área mojada (A_m):

$$A_m = \frac{b * h}{2} = \frac{0.71 * 0.29}{2} = 0.103m^2$$

Perímetro mojado (P_m):

$$P_m = 0.71 + 0.70 + 0.30 = 1.71m$$

Radio hidráulico (R):

$$R = \frac{A_m}{P_m} = \frac{0.103m^2}{1.71m} = 0.06m$$

Coefficiente de rugosidad de Manning (n):

Cuadro N° 61: Coeficientes de rugosidad de Manning

Tipo de superficie	n
Tierra lisa	0.02
Césped con más de 15 cm de profundidad de agua	0.04
Césped con menos de 15 cm de profundidad de agua	0.06
Revestimiento rugoso de piedra	0.04
Cunetas revestidas de hormigón	0.013

Fuente: Apuntes de hidrología

Reemplazando los valores en la fórmula de Manning se tiene:

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

$$V = \frac{1}{0.013} * 0.06^{2/3} * J^{1/2}$$

$$V = 11.820 * J^{1/2}$$

Reemplazando dicha velocidad en la ecuación de continuidad se tiene:

$$Q = V * A$$

$$Q = 11.820 * J^{1/2} * 0.103$$

$$Q = 1.217 * J^{1/2}$$

Con las ecuaciones anteriores se determinó la velocidad y el caudal para cada una de las pendientes del proyecto iniciando en la mínima de 0.50% hasta la máxima del 14% como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 62: Velocidades y caudales admisibles para cada pendiente

J %	J	V (m/seg)	Q (m³/seg)
0.50	0.005	0.836	0.086
1.00	0.010	1.182	0.122
1.50	0.015	1.447	0.149
2.00	0.020	1.671	0.172
2.50	0.025	1.868	0.192
3.00	0.030	2.047	0.211
3.50	0.035	2.211	0.228
4.00	0.040	2.363	0.243
4.50	0.045	2.507	0.258
5.00	0.050	2.642	0.272
5.50	0.055	2.771	0.285
6.00	0.060	2.894	0.298
6.50	0.065	3.013	0.310
7.00	0.070	3.126	0.322
7.50	0.075	3.236	0.333
8.00	0.080	3.342	0.344
8.50	0.085	3.445	0.355
9.00	0.090	3.545	0.365
9.50	0.095	3.642	0.375
10.00	0.100	3.737	0.385
10.50	0.105	3.829	0.394
11.00	0.110	3.919	0.403
11.50	0.115	4.007	0.413
12.00	0.120	4.093	0.421
12.50	0.125	4.178	0.430
13.00	0.130	4.260	0.439
13.50	0.135	4.342	0.447
14.00	0.140	4.421	0.455

Fuente: Autora

Al calcular el caudal admisible para la pendiente máxima del proyecto se tiene:

$$Q_{admissible} = 1.217 * J^{1/2} = 1.217 * 0.14^{1/2} = 0.455 \text{ m}^3/\text{seg}$$

➤ **Caudal a ser desalojado**

Son las aguas que caen sobre el área a ser drenada y que deben ser evacuadas por las cunetas. Para encontrar este caudal máximo se aplicó el “Método Racional”, que es el que permite estimarlo en cuencas pequeñas que no excedan a 400 Ha.

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

Siendo: Q = Caudal máximo probable en m³/seg.

C = Coeficiente de escorrentía.

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

A = Área de drenaje en Ha

Coeficiente de escorrentía

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal. (MOP, 2003).

Cuadro N° 63: Coeficientes de escorrentía C

Cobertura vegetal	Tipo suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		50%	20%	5%	1%	
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Normas de Diseño Geométrico MOP, 2003.

El coeficiente de escorrentía para el proyecto fue $C = 0.40$

Intensidad de la precipitación (mm/h)

Es la mayor o menor cantidad de agua que cae en un lapso de tiempo determinado.

El INAMHI publica periódicamente análisis estadísticos de intensidades que permite calcular por medio de las ecuaciones pluviométricas la relación intensidad-frecuencia-duración para cada una de las “zonas de intensidades” en que está dividido el país.

El proyecto se encuentra cercano a la estación meteorológica de Patate (código M0126), la misma que está ubicada dentro de la zona N° 21 del mapa de zonificación de intensidades (Anexo H), a la que corresponde la siguiente ecuación pluviométrica:

Duración:	Ecuación:
→ 5 min < 23 min	1) $I_{TR} = 28.784 * t^{-0.4507} * Id_{TR}$
→ 23 min < 1440 min	2) $I_{TR} = 30.993 * t^{-0.472} * Id_{TR}$

Siendo:

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

TR = Periodo de retorno (años).

t = Tiempo de duración de la lluvia (min).

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

Periodo de retorno (años):

El periodo de retorno recomendado para cunetas suele recomendarse de 10 años.

Tiempo de duración de la lluvia:

Debido a la limitada información existente se recomienda tomar el tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración, considerando que en ese lapso se produce la mayor aportación de la cuenca al cauce.

El tiempo de concentración es el tiempo requerido para que el agua que cae en el punto más alejado de la cuenca llegue al punto de salida

Para este cálculo se empleó la formula empírica de Rowe:

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Siendo:

t_c = El tiempo de concentración (min).

L = Longitud de la cuneta (m).

H = Desnivel entre el inicio de la cuneta y el punto de descarga (m).

Para las cunetas se tomaron los siguientes datos del diseño vial:

	Abscisa:	Cota:
→ Inicio de cuneta:	4+580.00	2362.08
→ Descarga de cuneta:	3+838.66	2329.05

Longitud de cuneta $L = 4580.00 \text{ m} - 3838.66 \text{ m} = 741.34 \text{ m}$.

Desnivel de la cuneta $H = 2362.08 \text{ m} - 2329.05 \text{ m} = 33.03 \text{ m}$.

$$tc = 0.0195 \left(\frac{741.34^3}{33.03} \right)^{0.385}$$

$$tc = 10.47 \text{ min}$$

Intensidad diaria para un periodo de retorno dado:

La precipitación máxima en 24 horas se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas más cercana a la zona del proyecto, cuando no se disponen de tales datos se podría recurrir al mapa de isólinas del INAHMI, en correlación con la zonificación con la que han sido determinadas las ecuaciones.

Cuadro N° 64: Estadística mensual y anual de las variables climatológicas

M0126		PATATE										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCÍO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs	día			
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima														
ENERO		26.5	3	3.0	11	23.2	8.9	16.7	98	9	50	3	85	14.1	16.1	64.0	12.0	5	9
FEBRERO		26.0	13	4.6	8	23.1	7.5	16.4	98	1	56	15	86	13.9	16.0	31.5	5.2	20	10
MARZO		25.5	25	3.6	23	23.8	7.0	16.7					87	14.4	16.5	17.3	3.5	20	8
ABRIL			4.0	1		23.4	6.0	16.9					85	14.2	16.4	61.2	15.5	1	11
MAYO		28.0	26	5.8	1	22.6	9.1	16.4	98	2	50	3	86	13.8	15.9	33.7	10.0	16	13
JUNIO			6.0	30		23.1	9.2	16.4					86	13.8	16.0	21.1	3.5	24	10
JULIO		25.5	11	5.4	13	22.1	7.8	15.7					88	13.6	15.8	33.0	13.5	3	9
AGOSTO		25.0	2	4.0	18	21.8	6.0	15.3	98	18	49	23	87	12.9	15.2	53.2	17.0	29	13
SEPTIEMBRE		25.0	20	5.2	18	22.5	7.7	15.6					85	12.9	15.1	16.6	5.5	9	8
OCTUBRE		27.0	11	4.0	24	24.1	7.7	17.1	98	26	53	16	85	14.3	16.4	83.3	23.0	17	11
NOVIEMBRE		27.0	18	4.0	22	24.4	5.7	17.1	98	5	52	16	84	14.1	16.3	18.7	5.0	4	8
DICIEMBRE		27.5	4	3.0	1	24.4	5.3	16.9	98	13	54	4	85	14.2	16.4	25.9	9.0	25	8
VALOR ANUAL				3.0		23.2	7.3	16.4					85	13.9	16.0	459.5	23.0		

MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (km/h)		
	Suma	Máxima en			N		NE		E		SE		S		SW		W		NW				CALMA	Nro OBS
	Mensual	24hrs	día		(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%				
ENERO	115.6	6.6	9	5	0.0	0	0.0	0	4.0	1	5.1	37	7.0	7	4.0	2	0.0	0	0.0	0	54	93	10.0	SE
FEBRERO	102.2	6.7	11	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.8	38	4.0	1	8.0	2	0.0	0	2.0	1	58	87	10.0	SE
MARZO	136.7	6.6	21	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.8	41	4.5	4	6.0	2	0.0	0	0.0	0	53	93	10.0	SE
ABRIL	114.6	6.5	11	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	6.1	38	0.0	0	2.0	1	0.0	0	0.0	0	61	90	10.0	SE
MAYO	101.2	6.0	25	6	0.0	0	0.0	0	6.0	1	6.3	38	4.0	1	6.0	1	0.0	0	0.0	0	59	93	14.0	SE
JUNIO	122.0	6.5	26	4	4.0	1	0.0	0	2.0	1	6.1	46	0.0	0	8.0	1	0.0	0	0.0	0	51	90	14.0	SE
JULIO	106.1	5.7	12	4	0.0	0	0.0	0	6.0	2	6.4	42	0.0	0	0.0	0	2.0	1	0.0	0	55	93	14.0	SE
AGOSTO	93.3	6.3	21	4	0.0	0	2.0	1	10.0	1	5.9	43	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	55	93	14.0	SE
SEPTIEMBRE	110.3	7.4	28	5	6.0	1	0.0	0	0.0	0	5.7	41	8.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	57	90	10.0	SE
OCTUBRE	131.1	6.6	11	4	2.0	1	0.0	0	0.0	0	5.3	43	4.7	3	6.0	1	0.0	0	2.0	2	50	93	10.0	SE
NOVIEMBRE	135.9	6.8	24	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	6.1	37	0.0	0	3.0	2	0.0	0	0.0	0	61	90	12.0	SE
DICIEMBRE	147.4	6.9	16	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.9	32	4.7	7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	61	93	10.0	SE
VALOR ANUAL	1416.4	7.4		5	1.0	0	0.2	0	2.3	1	5.9	40	3.1	2	3.6	1	0.2	0	0.3	0	56		14.0	SE

Fuente: Anuario Meteorológico del INAMHI, 2012.

El nivel de precipitación máxima durante las 24 horas registrado por la estación de Patate M0126 fue de 23 mm de acuerdo al cuadro anterior.

Entonces:

$$P_{m\acute{a}x}(mm) = Id_{TR}(mm/h) * 24 h \text{ (NEVI - 12)}.$$

$$Id_{TR} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{24} = \frac{23 \text{ mm}}{24 h} = 0.958 \text{ mm/h}$$

Como el tiempo de concentración de la lluvia fue de 10.47 minutos, recayendo entre los 5 y 23 minutos, entonces se procedió a calcular la intensidad de precipitación con la primera fórmula de la siguiente manera:

$$I_{TR} = 28.784 * t^{-0.4507} * Id_{TR}$$

$$I_{TR} = 28.784 * (10.47)^{-0.4507} * 0.958$$

$$I_{TR} = 9.568 \text{ mm/h}$$

Área de drenaje de la cuneta

Para determinar el área de drenaje que tributa a las cunetas se consideró lo siguiente:

Ancho de carril = 3 m

Ancho de cuneta = 0.79 m

Ancho aproximado del talud de corte = 35 m.

Longitud de drenaje de la cuneta = 741.34 m.

$$\begin{aligned}A &= (\text{carril} + \text{cuneta} + \text{talud}) * L \\A &= (3 \text{ m} + 0.79 \text{ m} + 35 \text{ m}) * 741.34 \text{ m} \\A &= 28756.58 \text{ m}^2 / 10000 = 2.88 \text{ Ha}\end{aligned}$$

Finalmente, con los datos obtenidos anteriormente se obtuvo el caudal máximo de las aguas lluvias a drenar:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{0.40 * 9.568 * 2.88}{360} \\Q &= 0.031 \text{ m}^3 / \text{seg}\end{aligned}$$

Con las dimensiones de la cuneta propuesta se obtuvo un caudal admisible de 0.455 m³/seg muy superior al caudal máximo a drenar por lo que:

$$\begin{aligned}Q_{\text{admisible}} &> Q_{\text{máx}} \\0.455 \text{ m}^3 / \text{seg} &> 0.031 \text{ m}^3 / \text{seg}\end{aligned}$$

Considerando la explicación anterior entonces se procede a adoptar la cuneta propuesta, ya que se ha demostrado que dicha sección es lo suficientemente óptima y no generará problemas al momento de encauzar las aguas lluvias.

6.7.3.2 Diseño de alcantarillas

El diseño del sistema de drenaje transversal menor de una carretera se realizará tomando en cuenta, para su solución, dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras.

El análisis hidrológico permite la predicción de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento, según el caso, para períodos de retorno especificados de acuerdo a la finalidad e importancia del sistema.

El diseño hidráulico permite establecer las dimensiones requeridas de la estructura para desalojar los caudales aportados por las lluvias, de conformidad con la eficiencia que se requiera para la evacuación de las aguas. (MOP, 2003)

➤ Caudal máximo de diseño

Se aplicó el “Método Racional”, que es el que permite estimar en cuencas pequeñas que no excedan a 400 Ha.

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

Siendo:

Q = Caudal máximo probable en m³/seg.

C = Coeficiente de escorrentía = 0.40 (Ver Cuadro N° 63).

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

A = Área de la cuenca en Ha.

Intensidad de la precipitación (mm/h)

Se calculó con la ecuación pluviométrica otorgada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), correspondiente a la zona N° 21 del mapa de zonificación de intensidades del Ecuador, donde se encuentra ubicada la estación de Patate M0126 cercana al proyecto.

Duración:

→ 5 min < 23 min

→ 23 min < 1440 min

Ecuación:

1) $I_{TR} = 28.784 * t^{-0.4507} * Id_{TR}$

2) $I_{TR} = 30.993 * t^{-0.472} * Id_{TR}$

Siendo:

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

TR = Tiempo de retorno (años).

t = Tiempo de duración de la lluvia (min).

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

Tiempo de concentración:

Se calculó con la expresión de Rowe

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Siendo:

tc = El tiempo de concentración (min).

L = Longitud (en línea recta) del cauce principal (m).

H = Desnivel entre el extremo de la cuenca a drenar y el punto de descarga (m).

Para el proyecto la longitud del cauce principal L fue de 18260.87 m y el desnivel H fue de 1810 m aproximadamente por lo que:

$$tc = 0.0195 \left(\frac{18260.87^3}{1810} \right)^{0.385}$$
$$tc = 90.76 \text{ min}$$

Intensidad diaria para un periodo de retorno dado:

La intensidad diaria fue la misma estipulada para el caso de las cunetas $I_{dTR} = 0.958$ mm/h.

Para las alcantarillas el tiempo de concentración fue mayor a 23 minutos por lo que se calculó la intensidad de lluvias con la segunda ecuación pluviométrica:

$$I_{TR} = 30.993 * t^{-0.472} * Id_{TR}$$

$$I_{TR} = 30.993 * 90.76^{-0.472} * 0.958$$

$$I_{TR} = 3.536 \text{ mm/h}$$

Área de cuenca

Es el área de aportación que drenará cada alcantarilla. El área máxima de aportación es de 31.97 Ha.

$$Q = \frac{0.40 * 3.536 * 31.97}{360}$$

$$Q = 0.126 \text{ m}^3/\text{seg}$$

La sección típica necesaria para cada alcantarilla se calculó con la siguiente expresión empírica de Talbot:

$$A = 0.183 * C_T * \sqrt[4]{H^3}$$

Siendo:

A = Área libre de la alcantarilla en m²

C_T = Coeficiente de Talbot

H = Área que desea drenar en Ha

Cuadro N° 65: Valores del coeficiente de Talbot

Tipo de terreno	C _T
Suelo rocoso y pendientes abruptas	1
Terreno quebrados con pendientes moderadas	2/3
Valles irregulares muy anchos en comparacion de su largo	1/2
Terrenos agricolas ondulados, en los que el largo del valle es de 3 a 4 veces el ancho	1/3
Zonas a nivel no afectadas por acumulacion de nieve o inundacion fuerte	1/3

Fuente: XII Congreso panamericano de Carreteras, 1979

$$A = 0.183 * \frac{2}{3} * \sqrt[4]{31.97^3}$$

$$A = 1.64m^2$$

Diámetro de la alcantarilla

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 1.64}{\pi}} = 1.45m$$

Diámetro asumido = 1.50 m

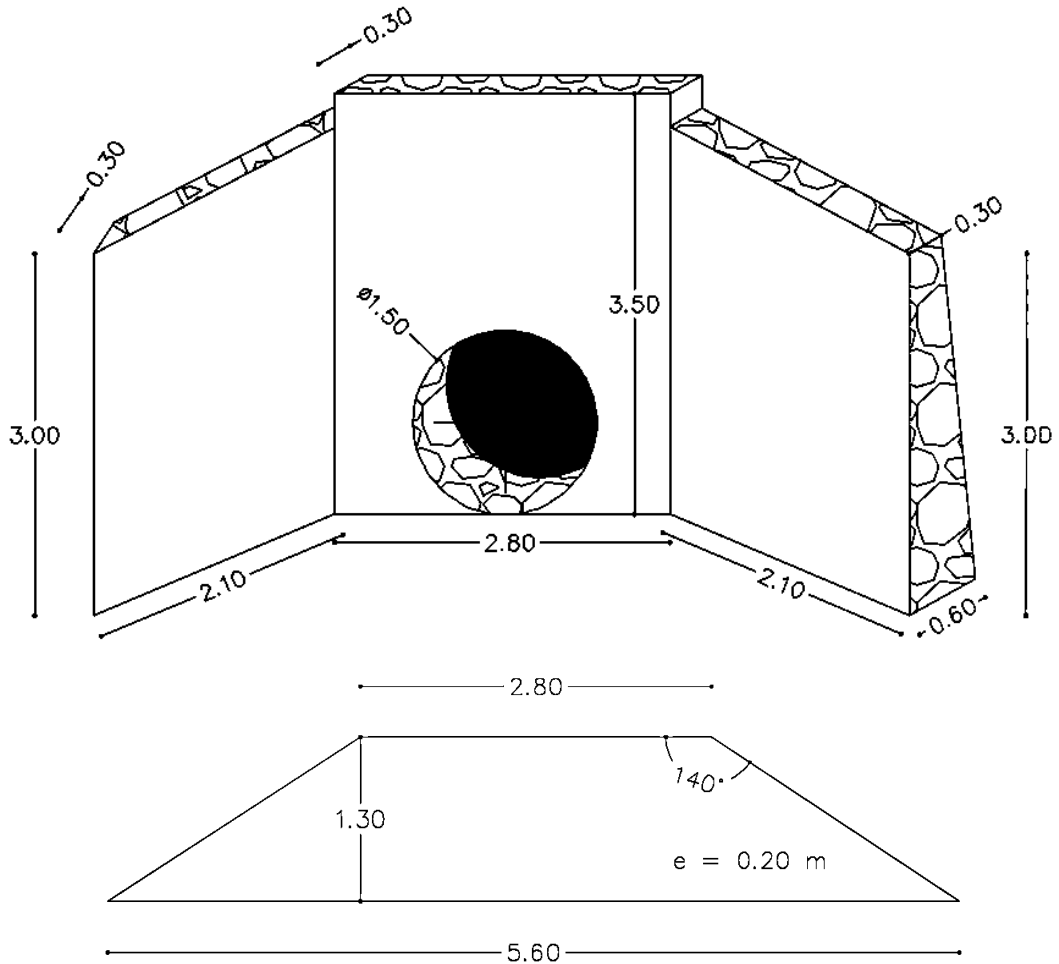
Área de la alcantarilla real

$$A_{real} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A_{real} = \frac{\pi * 1.50^2}{4}$$

$$A_{real} = 1.77m^2$$

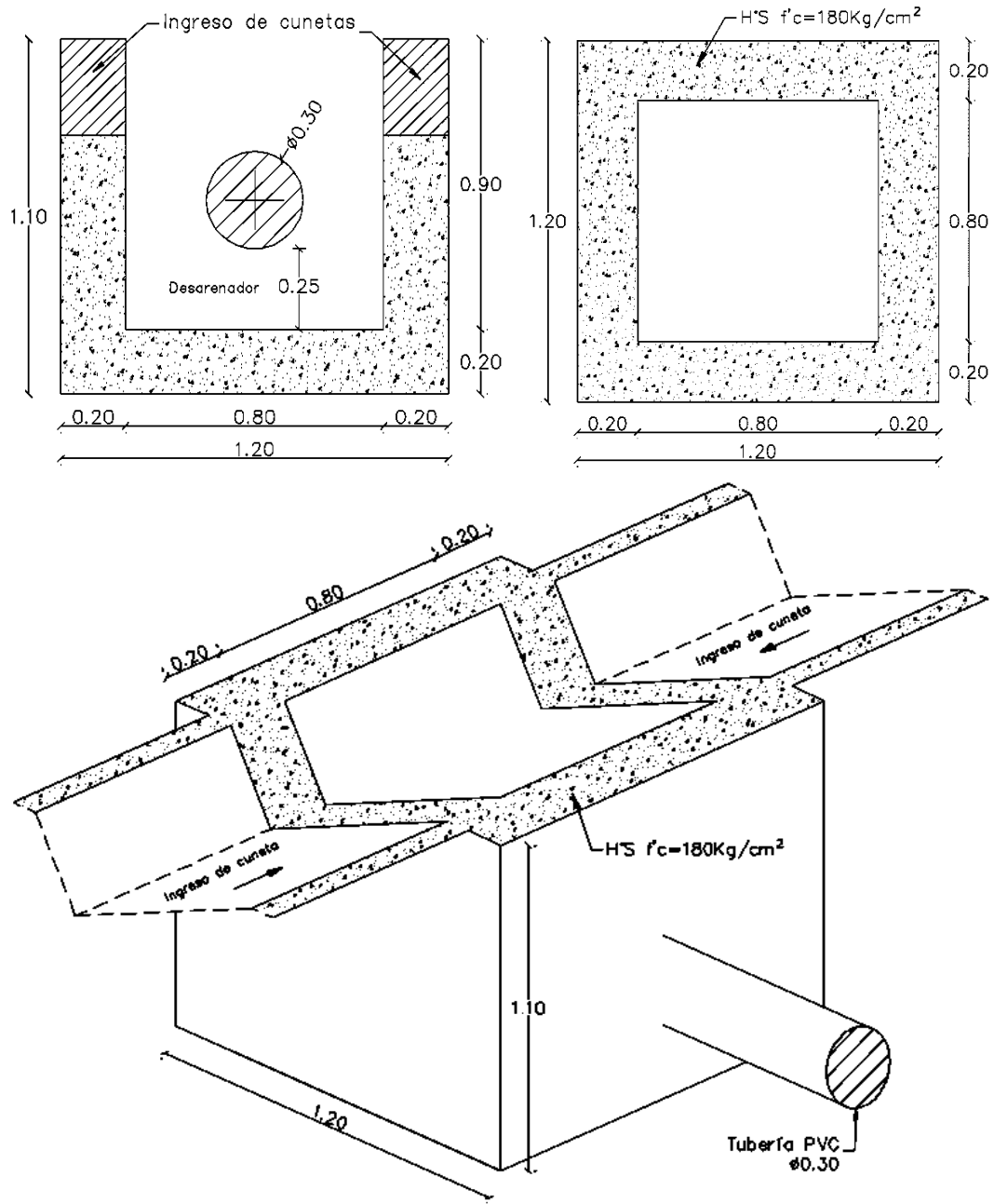
Gráfico N° 41: Cabezal de entrada y salida tipo 1



Muro de Hormigón Ciclópeo						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
Ala 1	2.10	0.45	3.00		2.84	Ancho promedio
Pantalla	2.80	0.45	3.50		4.41	Ancho promedio
Ala 2	2.10	0.45	3.00		2.84	Ancho promedio
Plataforma	4.20	1.30	0.20		1.09	Largo promedio
Tubería		0.45		1.50	-0.80	Ármico
Total:					10.38	m ³

Fuente: Autora

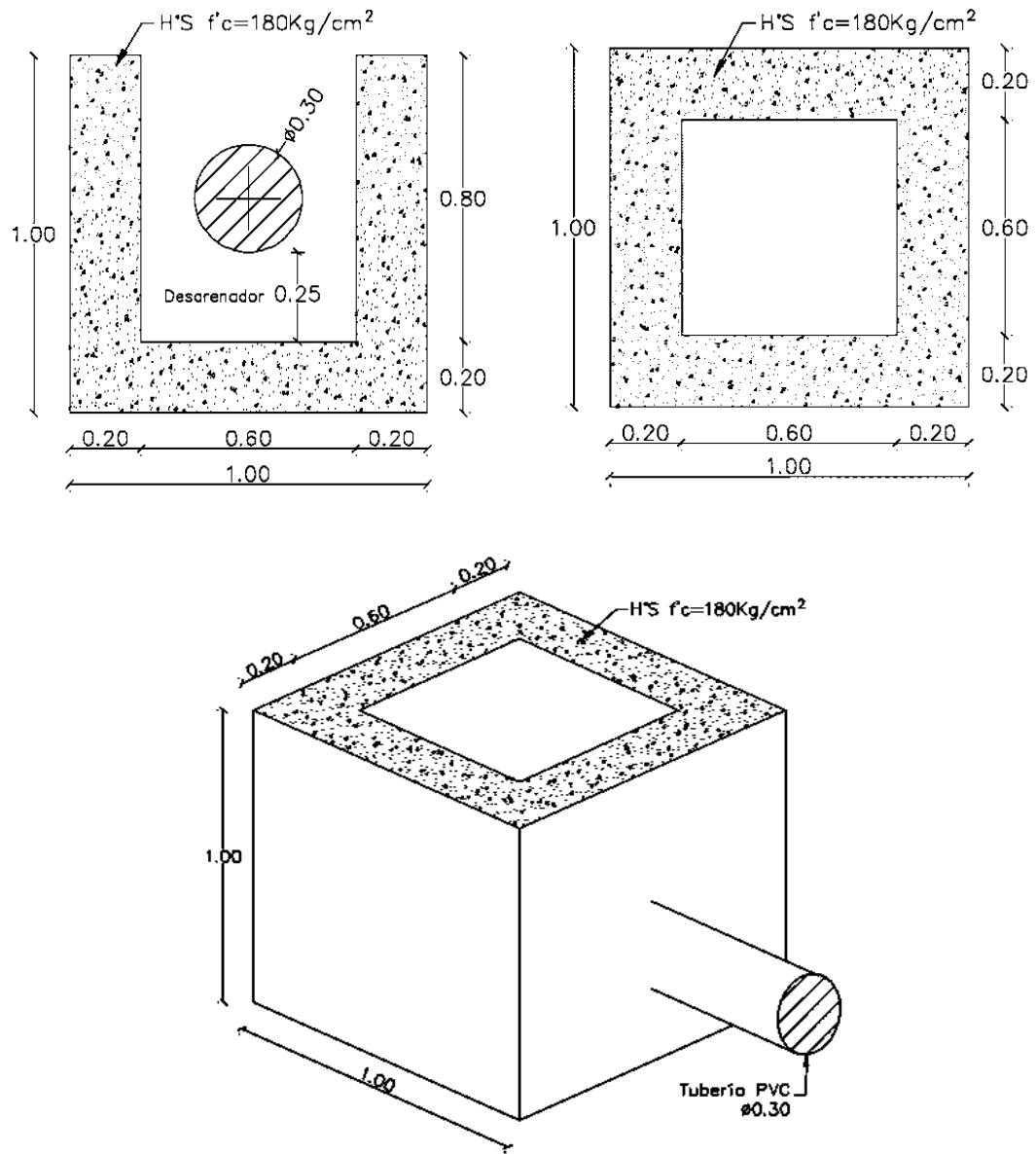
Gráfico N° 42: Detalle de cajas receptoras para cunetas



H°S f'c = 180Kg/cm ²						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
P. sentido x	1.20	0.20	0.90		0.43	2 paredes
P. sentido y	0.80	0.20	0.90		0.29	2 paredes
Solera	1.20	1.20	0.20		0.29	
Ingreso cunetas	0.20	0.80	0.29		-0.05	Sección triangular
Tubería		0.20		0.30	-0.01	PVC
Total:					0.95	m ³

Fuente: Autora

Gráfico N° 43: Detalle de cajas de pasos de agua



H°S f'c = 180Kg/cm ²						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
Paredes sentido x	1.00	0.20	0.80		0.32	2 paredes
Paredes sentido y	0.60	0.20	0.80		0.19	2 paredes
Solera	1.00	1.00	0.20		0.20	
Tubería		0.20		0.30	-0.01	PVC
Total:					0.70	m ³

Fuente: Autora

6.7.4 Señalización vial

La señalización es el idioma que emplea la vía para comunicarse con sus usuarios.

La misión de la señalización vial se define en tres puntos:

1. Advertir de la existencia de peligros potenciales.
2. Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo determinado de la vía.
3. Orientar al usuario mediante las oportunas indicaciones para que éste sepa en todo momento dónde está, hacia dónde va y qué dirección tomar para cambiar de destino.

Para que la señalización sea eficaz debe manifestarse con claridad, sencillez, precisión y universalidad. Al realizar esto de forma correcta mejorará las condiciones de capacidad y seguridad de la vía. (Bañón, 2000, p. 14-2).

6.7.4.1 Señalización horizontal

Las señales horizontales son marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, leyendas u otras indicaciones. En algunas situaciones, son el único y/o más eficaz dispositivo para comunicar instrucciones a los conductores. Complementan a la señalización vertical. (RTE INEN, 2011).

Clasificación según su forma:

- a) *Líneas longitudinales:* Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.
- b) *Líneas transversales:* Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.
- c) *Símbolos y leyendas:* Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluyen en este tipo de señalización, FLECHAS, TRIÁNGULOS CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE, BUS, CARRIL EXCLUSIVO, SOLO TROLE, TAXIS, PARADA BUS, entre otros.

d) *Otras señalizaciones:* Como chevrones, etc.

Ubicación: La ubicación de la señalización debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, ver y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, de modo de satisfacer uno de los siguientes objetivos:

- ✓ Indicar el inicio, tramo o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la señalización debe ubicarse en el lugar específico donde se requiera.
- ✓ Advertir o informar sobre maniobras o acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

Materiales: Corresponde a los materiales que son aplicados en capas delgadas como pinturas, materiales plásticos, termoplásticos, epóxidos, cintas preformadas, entre otros, las características mínimas del material de aplicación debe ser pintura de tráfico acrílicas con microesferas.

La señalización horizontal debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos de espesor para su aplicación.

- MÍNIMO ZONA URBANA 300 (micras) en seco
- MÍNIMO ZONA RURAL 250 (micras) en seco

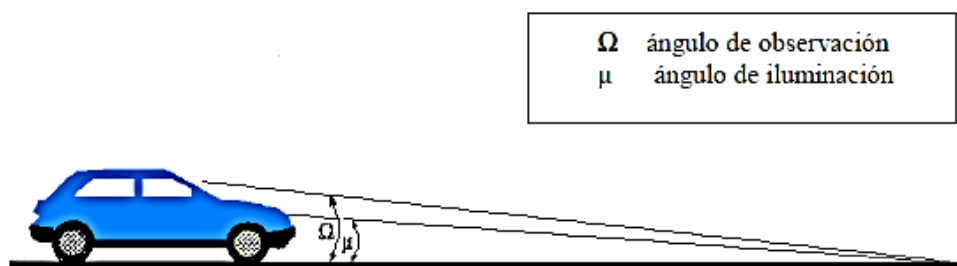
Retroreflexión: Las señalizaciones deben ser visibles en cualquier periodo del día y bajo toda condición climática, por ello se construirán con materiales apropiados, como micro-esferas de vidrio, y deben someterse a procedimientos que aseguren su retroreflexión. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

Cuadro N° 66: Niveles mínimos de retroreflexión en pintura sobre pavimento

Visibilidad	Ángulos		Colores	
	Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
A 15.00 m	3.5°	4.5°	150	95
A 30.00 m	1.24°	2.29°	150	70

Fuente: RTE INEN, 2011

Gráfico N° 44: Ángulos de iluminación y observación



Fuente: RTE INEN, 2011

Color: Los colores de las señalizaciones de pavimento longitudinales deben ser conformes a los siguientes conceptos básicos:

Líneas amarillas definen:

- Separación de tráfico viajando en direcciones opuestas.
- Restricciones.
- Borde izquierdo de la vía (en caso de tener parterre)

Líneas blancas definen:

- La separación de flujos de tráfico en la misma dirección.
- Borde derecho de la vía (Berma).
- Zonas de estacionamiento.
- Proximidad a un cruce cebra.

Dimensiones: Anchos y patrones de señalizaciones en pavimentos de las líneas longitudinales deben ser:

- ✓ Una línea continua de color amarillo, prohíbe el cruce o rebasamiento.
- ✓ El ancho mínimo de una línea es de 100 mm y máximo de 150 mm.
- ✓ Doble línea continua (línea de barrera). Consiste en dos líneas continuas de color amarillo, separadas por un espacio igual al ancho de la línea a utilizarse, prohíbe el cruce o rebasamiento.
- ✓ Una línea segmentada. Consiste en segmentos pintados separados por espacios sin pintar, e indica una condición permisiva, donde se puede rebasar.

- ✓ Las líneas segmentadas pueden ser adyacentes o pueden extender las líneas continuas

Para el caso del proyecto se han considerado líneas continuas y segmentadas de color amarillo en la parte céntrica y líneas continuas blancas en los bordes de la vía.

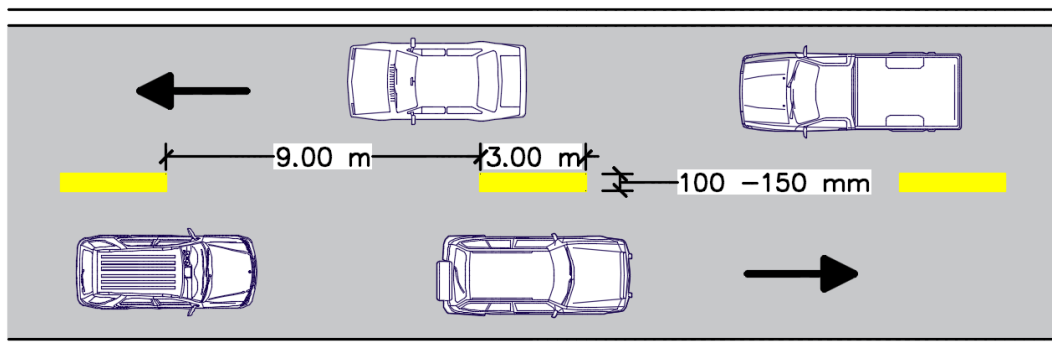
Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta: Estas líneas deben ser color amarillo, y pueden ser traspasadas siempre y cuando haya seguridad, se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el rebasamiento y los virajes.

Cuadro N° 67: Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

Velocidad máxima de la vía (Km/h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12.00	3 – 9
Mayor a 100	150	12.00	3 – 9

Fuente: RTE INEN, 2011

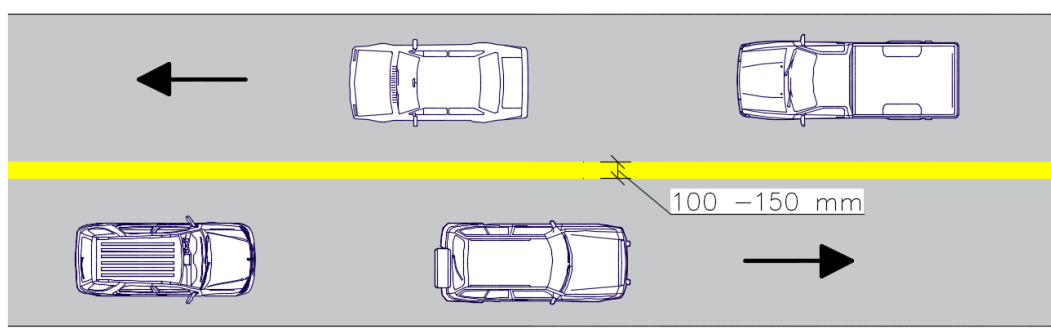
Gráfico N° 45: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta



Fuente: RTE INEN 004-2: 2011

Líneas continuas de separación de circulación opuesta: Tienen un ancho de 100 a 150 mm, esta línea es de color amarillo y prohíbe el cruce o rebasamiento.

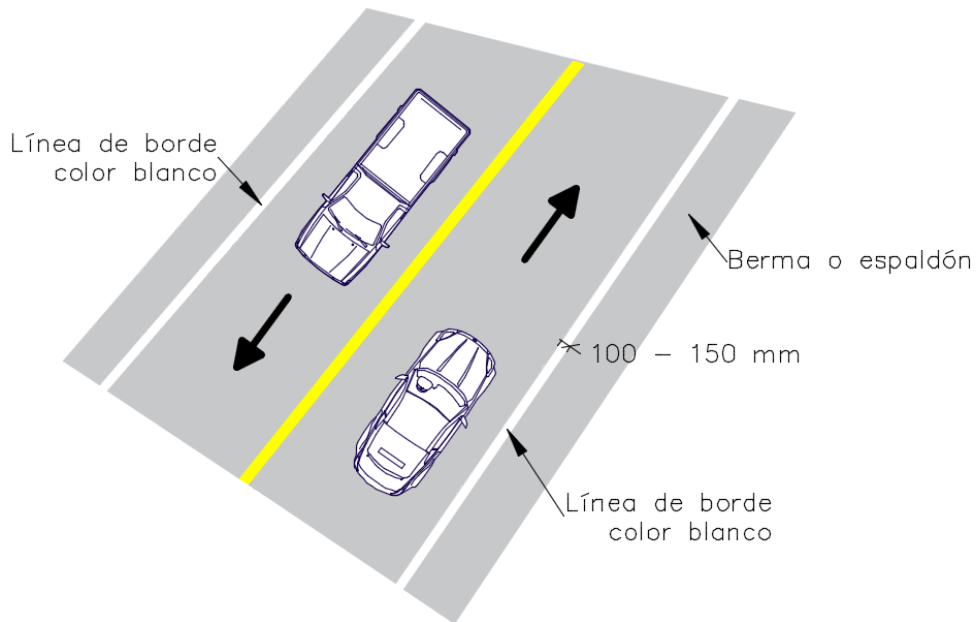
Gráfico N° 46: Línea continua de separación de circulación opuesta



Fuente: RTE INEN 004-2: 2011

Líneas de borde de calzadas: Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente respecto de éste. Su ancho mínimo en vías urbanas debe ser de 100 mm y en autopistas y carreteras de 150 mm.

Gráfico N° 47: Líneas continuas de borde



Fuente: RTE INEN, 2011

6.7.4.2 Señalización vertical

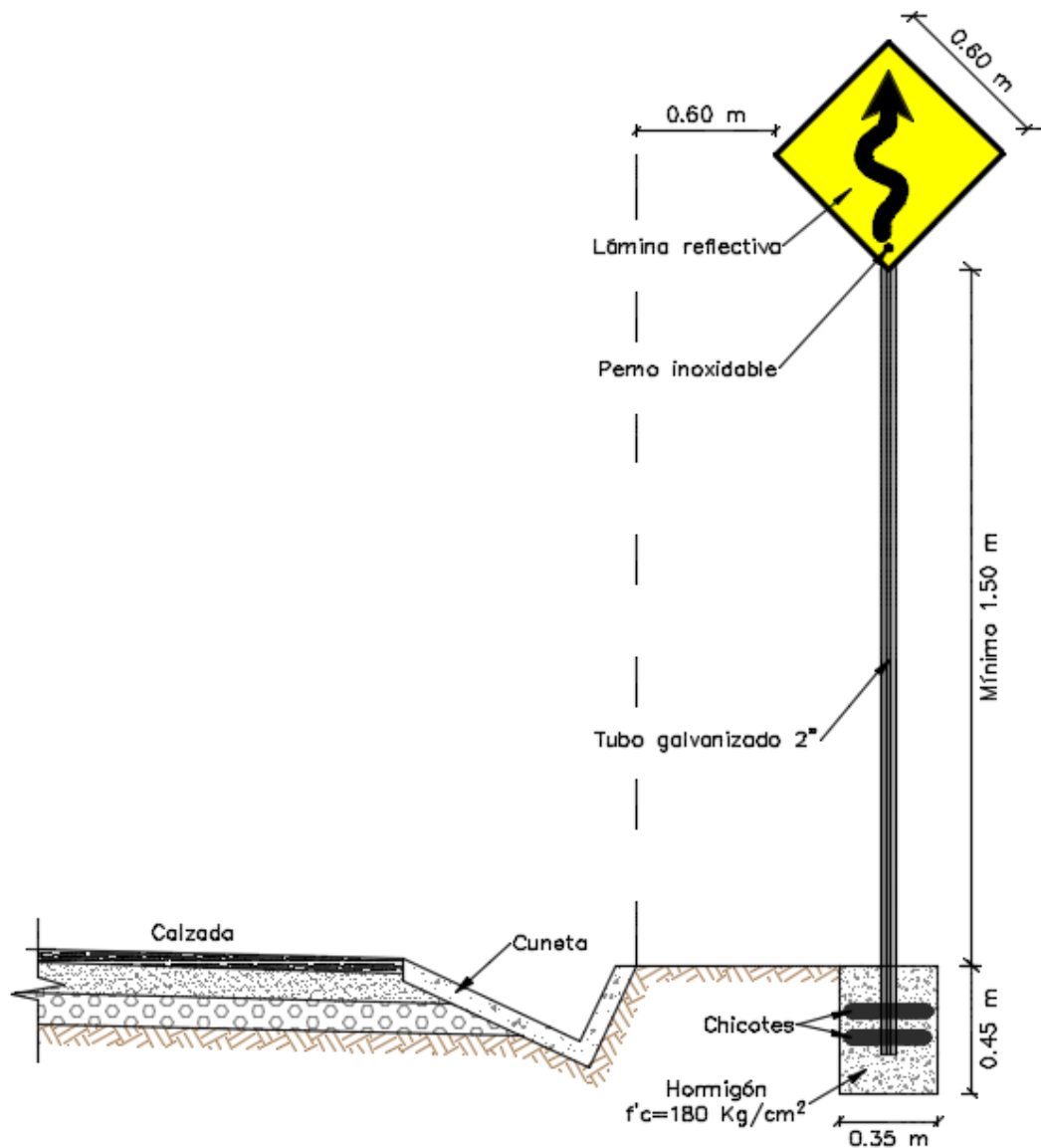
Está conformado por el conjunto de elementos destinados a advertir, reglamentar o informar al usuario de una vía con la debida antelación de determinadas circunstancias de la propia vía o de la circulación. Es a través de este tipo de

señalización por donde el conductor recibe la mayor parte de información. (Bañón, 2000, p. 14-3).

Los medios empleados para transmitir información, constan de la combinación de un mensaje, una forma y un color. El mensaje de la señal de tránsito puede ser una leyenda, un símbolo o un conjunto de los dos. (RTE INEN, 2011).

Ubicación: Las señales se deben instalar en el lado derecho de las vías. En circunstancias especiales se pueden duplicarse al lado izquierdo o colocarse elevadas sobre la calzada.

Gráfico N° 48: Ubicación de la señalización vertical en zona rural



Fuente: RTE INEN 004-1: 2011

Clasificación de señales y sus funciones

Señales regulatorias (Código R): Informan a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, la falta de cumplimiento de sus instrucciones constituyen una infracción de tránsito.

Gráfico N° 49: Señales regulatorias

Leyenda y borde retroreflectivo blanco
Fondo retroreflectivo rojo



R1 - 1

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
R1 - 1B	750 x 750	240 Ca
R1 - 1C	900 x 900	280 Ca

Leyenda negra
Borde rojo retroreflectivo
Fondo blanco retroreflectivo



R1 - 2

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras	
		Línea 1	Línea 2
R1 - 2A	750	120 En	100 Da
R1 - 2B	900	140 En	120 Da
R1 - 2C	1200	160 En	140 Da

Símbolo y orla negros
Círculo rojo retroreflectivo
Fondo blanco retroreflectivo



R4 - 1

Código No.	Dimensiones (mm)
R4 - 1A	600 x 600
R4 - 1B	750 x 750
R4 - 1C	900 x 900

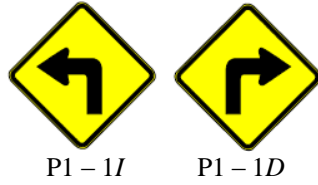
Fuente: RTE INEN 004-1: 2011

Señales preventivas (Código P): Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma. Se instalan a una distancia mínima de 100 m en vías urbanas y a 150 m en vías rurales (carreteras) antes del peligro.

A excepción de ciertas señales todas tienen forma de rombo (cuadrado con diagonal vertical), con un símbolo y/o leyenda de color negro y orla negra sobre un fondo amarillo retroreflectivo.

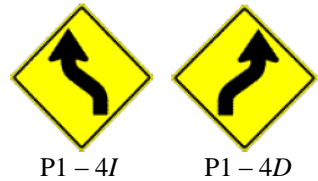
Gráfico N° 50: Señales preventivas

Curva cerrada izquierda, derecha



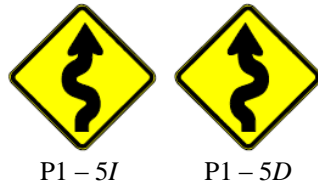
Código	Dimensiones (mm)
P1 – 1A (I ó D)	600 x 600
P1 – 1B (I ó D)	750 x 750
P1 – 1C (I ó D)	900 x 900

Curva y contra curva abierta izquierda – derecha y derecha – izquierda



Código	Dimensiones (mm)
P1 – 4A (I ó D)	600 x 600
P1 – 4B (I ó D)	750 x 750
P1 – 4C (I ó D)	900 x 900

Vía sinuosa primera izquierda – primera derecha



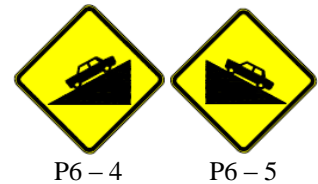
Código	Dimensiones (mm)
P1 – 5A (I ó D)	600 x 600
P1 – 5B (I ó D)	750 x 750
P1 – 5C (I ó D)	900 x 900

Resalto/reductor de velocidad



Código No.	Dimensiones (mm)
P6 – 2A	600 x 600
P6 – 2B	750 x 750
P6 – 2C	900 x 900

Descenso y ascenso pronunciado



Código No.	Dimensiones (mm)
P6 – 4A	600 x 600
P6 – 4B	750 x 750
P6 – 4C	900 x 900

Cruce de maquinaria agrícola



Código No.	Dimensiones (mm)
P6 – 12A	600 x 600
P6 – 12B	750 x 750
P6 – 12C	900 x 900

Animales en la vía



P6 – 17

Código No.	Dimensiones (mm)
P6 – 17A	600 x 600
P6 – 17B	750 x 750
P6 – 17C	900 x 900

Fuente: RTE INEN 004-1: 2011

Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales (Código T): Advierten informan y guían a los usuarios viales a transitar con seguridad sitios de trabajos en las vías y aceras además para alertar sobre otras condiciones temporales y peligrosas que podrían causar daños a los usuarios viales.

Gráfico N° 51: Señales para trabajos en las vías y propósitos especiales

Hombres trabajando

Símbolo y orla negros
Fondo naranja retroreflectivo



T1 – 1

Código No.	Dimensiones (mm)
T1 – 1 A	600 x 600
T1 – 1 B	750 x 750
T1 – 1 C	900 x 900

Fondo color naranja retroreflectivo
Letras y orla color negro mate



T1 – 4a

Código No.	Dimensiones (mm)
T1 – 4a A	600 x 600
T1 – 4a B	750 x 750

Fuente: RTE INEN 004-1: 2011

6.7.5 Cálculo de volúmenes de obra

Los volúmenes de obra se refieren a la cantidad total de cada uno de los materiales que se obtendrán o utilizarán en la construcción del proyecto, estos materiales están distinguidos por rubros como se detalla a continuación:

MOVIMIENTO DE TIERRAS

1) Desbroce, desbosque y limpieza

Según las especificaciones técnicas del MOP, este trabajo consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada. Se efectuará dentro de los límites de construcción y hasta 10 metros por fuera de estructuras en las líneas exteriores de taludes. La unidad de medida de este rubro es la hectárea (Ha).

Ancho de faja promedio = 20 m

Longitud total del proyecto = 5313.77 m

Área de desbroce, desbosque y limpieza = Ancho faja * Longitud total

Área de desbroce, desbosque y limpieza = 20 m * 5313.77 m

Área de desbroce, desbosque y limpieza = 106275.40 m²/10000 = 10.63 Ha

2) Replanteo y nivelación

La unidad de medida de este rubro es el Km.

Longitud total del proyecto = 5313.77 m = 5.31 Km

3) Excavación sin clasificar

Es la excavación y desalojo que se realiza de todos los materiales que se encuentran durante el trabajo, en cualquier tipo de terreno y en cualquier condición de trabajo, es decir inclusive excavaciones en fango, suelo, marginal y roca. (MOP, 2002).

✓ *Excavación de la plataforma vial*

Este volumen de corte se obtuvo del programa AUTOCIVIL 3D siendo:

V. total de corte = 136754.02 m³.

✓ *Excavación y relleno para cunetas y encauzamientos*

Sección transversal de la cuneta excavada = 0.19 m²

Longitud total de cunetas = 5313.77 m

V. total de cunetas excavadas = A cuneta excavada * L cuneta * # lados

V. total de cunetas excavadas = 0.19 * 5313.77 * 1

V. total de cunetas excavadas = 1009.62 m³

✓ *Excavación y relleno para obras menores*

Se toma 20 m para el encausamiento de las alcantarillas de lado a lado. Para la excavación se asume áreas de corte en la base, 2 m de profundidad y 2 m de ancho de zanja. Para cabezales y muros se estiman 10 m³ para cada alcantarilla.

V. excavación de muros = (L. tuberías nuevas + L. encauzamiento * 2 lados * # alcantarillas) * ancho * profundidad

V. excavación de muros = (60 m + 20 m * 2 * 6) * 2 m * 2 m

V. excavación de muros = 1200 m³

V. excavación para cabezales = 6 alcantarillas * 10 m³ = 60 m³

V. excavación de muros + cabezales = 1200 m³ + 60 m³

V. excavación de muros + cabezales = 1260 m³

✓ *Excavación de cajas de paso de agua*

Pasos de agua = 19

V. cajas para pasos de agua = 1 m³

V. total para cajas de pasos de agua = # pasos de agua * V. cajas pasos de agua

V. total para cajas de pasos de agua = 19 * 1 m³ = 19 m³

✓ *Cajas receptoras para cunetas*

Cajas receptoras = 3

V. cajas receptoras = 1.10 * 1.20 * 1.20 = 2.54 m³

V. total cajas receptoras = # cajas receptoras * V. cajas receptoras

$$V. \text{ total para cajas de pasos de agua} = 3 * 2.54 \text{ m}^3 = 7.62 \text{ m}^3$$

✓ *Excavación de canal de riego*

$$V. \text{ excavación de canal de riego} = L. \text{ canal de riego} * \text{área}$$

$$V. \text{ excavación de canal de riego} = (266 + 190 + 120 + 297.50) * 0.50 * 0.50 + 2180 * 0.80 * 0.80$$

$$V. \text{ excavación de canal de riego} = 1613.58 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ total de excavaciones} = 136754.02 + 1009.62 + 1260 + 19 + 7.62 + 1613.58$$

$$V. \text{ total de excavaciones} = 140663.84 \text{ m}^3$$

4) **Relleno compactado con material propio**

Corresponde al volumen de relleno determinado del diseño geométrico en el software AUTOCIVIL 3D

$$\text{Volumen total de relleno} = 28970.81 \text{ m}^3$$

INSTALACIONES DE DRENAJE

5) **Tubería de acero corrugado $D=1.50$, $e=2.5$ mm, MP-100**

$$\# \text{ Alcantarillas} = 6$$

$$L. \text{ tubería por alcantarilla} = 10 \text{ m}$$

$$L. \text{ total de tubería} = \# \text{ alcantarillas} * L. \text{ tubería por alcantarilla}$$

$$L. \text{ total de tubería} = 6 * 10 \text{ m}$$

$$L. \text{ total de tubería} = 60 \text{ m}$$

6) **Tubería PVC $\varnothing=300$ mm**

$$L. \text{ tubería} = 8 \text{ m}$$

$$\# \text{ Cajas de paso de agua} = 19$$

$$\# \text{ Cajas receptoras} = 3$$

$$L. \text{ PVC } \varnothing = 300 \text{ mm} = L. \text{ tubería} * \# \text{ cajas}$$

L. PVC Ø = 300 mm = 8 m * (19 + 3)

L. PVC Ø = 300 mm = 176 m

7) Hormigón simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

✓ Hormigón simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cunetas

Área de sección transversal de cuneta = 0.087 m²

L. total de cuneta = 5313.77 m (L. total de la vía)

L. descarga = 250 m (por cada kilómetro se considera 50 m de descarga)

H°S $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cunetas = 0.087 * (5313.77 + 250)

H°S $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cunetas = 484.05 m³

✓ Hormigón simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cajas de paso de agua

H°S $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
Paredes sentido x	1.00	0.20	0.80		0.32	2 paredes
Paredes sentido y	0.60	0.20	0.80		0.19	2 paredes
Solera	1.00	1.00	0.20		0.20	
Tubería		0.20		0.30	-0.01	PVC
Total:					0.70	m ³

Cajas de paso de agua = 19

H°S $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cajas de paso de agua = V. caja * # cajas

H°S $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cajas de paso de agua = 0.70 * 19

H°S $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cajas de paso de agua = 13.30 m³

✓ Hormigón simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cajas receptoras de cunetas

H°S $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
P. sentido x	1.20	0.20	0.90		0.43	2 paredes
P. sentido y	0.80	0.20	0.90		0.29	2 paredes
Solera	1.20	1.20	0.20		0.29	
Ingreso cunetas	0.20	0.80	0.29		-0.05	Sección triangular
Tubería		0.20		0.30	-0.01	PVC
Total:					0.95	m ³

Cajas receptoras = 3

H°S f'c = 180 kg/cm² para cajas receptoras = V. caja * # cajas

H°S f'c = 180 kg/cm² para cajas receptoras = 0.95 * 3

H°S f'c = 180 kg/cm² para cajas receptoras = 2.85 m³

✓ *Hormigón simple f'c = 180 kg/cm² para canal de riego*

H°S canal de riego = (266 + 190 + 120 + 297.50) * (0.10 * 0.60 + 2 * 0.10 * 0.30) + 600 * (0.10 * 0.80 + 2 * 0.60 * 0.10)

H°S canal de riego = 224.82 m³

V. total H°S f'c = 180 Kg/cm² = 484.05 m³ + 13.30 m³ + 2.85 m³ + 224.82 m³

V. total H°S f'c = 725.02 m³

8) **Hormigón ciclópeo para cabezales de entrada y salida**

Muro de hormigón ciclópeo						
Detalle	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
Ala 1	2.10	0.45	3.00		2.84	Ancho promedio
Pantalla	2.80	0.45	3.50		4.41	Ancho promedio
Ala 2	2.10	0.45	3.00		2.84	Ancho promedio
Plataforma	4.20	1.30	0.20		1.09	Largo promedio
Tubería		0.45		1.50	-0.80	Ármico
Total:					10.38	m ³

Cabezales = 6

Hormigón ciclópeo en cabezales D = 1.50 m = V. cabezal * # cabezales * # lados

Hormigón ciclópeo en cabezales D = 1.50 m = 10.38 m³ * 6 cabezales * 2 lados

Hormigón ciclópeo en cabezales D = 1.50 m = 124.56 m³

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

9) **Suministro y colocación sub-base granular clase 2**

Volumen = (6 m + 0.6 m) * 5313.77 m * 0.10 m

Volumen = 3507.09 m³ * 1.10 (Factor de sobre ancho)

Volumen = 3857.80m³ * 1.20 (Factor de esponjamiento)

$$\text{Volumen} = 4629.36 \text{ m}^3$$

10) Suministro y colocación base granular clase 2

$$\text{Volumen} = (6\text{m}+0.6\text{m}) * 5313.77 \text{ m} * 0.10\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 3507.09 \text{ m}^3 * 1.10 \text{ (Factor de sobre ancho)}$$

$$\text{Volumen} = 3857.80\text{m}^3 * 1.20 \text{ (Factor de esponjamiento)}$$

$$\text{Volumen} = 4629.36 \text{ m}^3$$

11) C. rodadura hormigón asfáltico mezclado en planta, e = 5cm, inc.

Imprimación

$$\text{Área} = (6 \text{ m} + 0.6 \text{ m}) * 5313.77 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 35070.88 \text{ m}^2 * 1.10 \text{ (factor de sobreancho)}$$

$$\text{Área} = 38577.97 \text{ m}^2$$

INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRÁNSITO

12) Señalización horizontal a = 12cm

$$\text{Marcas en pavimento} = \text{Longitud} * \# \text{ líneas}$$

$$\text{Marcas en pavimento} = 5313.77 \text{ m} * 3$$

$$\text{Marcas en pavimento} = 15941.31 \text{ m} = 15.94 \text{ Km}$$

13) Señalización vertical reglamentaria

Se han considerado aproximadamente 6 unidades por cada kilómetro entre señales regulatorias y preventivas, dando un total de 30 unidades.

6.7.6 Presupuesto referencial

Se refiere a la estimación del precio de ejecución de la totalidad de la obra, para lo que se especifican los detalles económicos a través del análisis de los precios unitarios.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Proyecto: Estudio y Diseño de la vía Potreropamba - La Clementina - Salate

Ubicación: Parroquias Chiquicha y La Matriz, cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua

Elaborado por: Egda. Nancy Sánchez

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	10.63	461.95	4,910.53
2	Replanteo y nivelación de la vía	km	5.31	603.58	3,205.01
3	Excavación sin clasificar (movimiento de tierras)	m ³	140,663.84	1.18	165,983.33
4	Relleno compactado con material propio	m ³	28,970.81	15.98	462,953.54
INSTALACIONES DE DRENAJE					
5	Alcantarilla de acero corrugado D=1.50m; e=2.5mm; Mp-100	m	60.00	305.85	18,351.00
6	Tubería PVC corrugado D=300mm	m	176.00	51.70	9,099.20
7	H.S. f'c=180 kg/cm ² incluido encofrado	m ³	725.02	173.39	125,711.22
8	Hormigón ciclópeo para cabezales	m ³	124.56	130.44	16,247.61
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
9	Suministro y colocación sub- base granular Clase 2	m ³	4,629.36	15.92	73,699.41
10	Suministro y colocación base granular Clase 2	m ³	4,629.36	17.39	80,504.57
11	C. rodadura hormigón asfáltico mezclado en planta, e=5cm, inc. imprimación	m ²	38,577.97	11.49	443,260.88
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRÁNSITO					
12	Señalización Horizontal (marcas pavimento)	km	15.94	447.86	7,138.89
13	Señalización Vertical Reglamentaria	u	30.00	140.69	4,220.70
				TOTAL	1,415,285.89

PRECIO TOTAL DE LA OFERTA (DE LOS RUBROS OFERTADOS):

UN MILLÓN CUATROCIENTOS QUINCE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO, 89/100 DÓLARES

Pelileo, Julio 2015

EDGA. NANCY SÁNCHEZ
ELABORADO POR

6.7.7 Cronograma valorado de trabajo

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS														
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN MESES								
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	
MOVIMIENTO DE TIERRAS														
1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	10.63	461.95	4910.53	5.32	5.32							
						2,455.27	2,455.27							
2	Replanteo y nivelación de la vía	km	5.31	603.58	3205.01	1.77	1.77	1.77						
						1,068.34	1,068.34	1,068.34						
3	Excavación sin clasificar (movimiento de tierras)	m3	140663.84	1.18	165983.33	35,165.96	35,165.96	35,165.96	35,165.96					
						41,495.83	41,495.83	41,495.83	41,495.83					
4	Relleno compactado con material propio	m3	28970.81	15.98	462953.54		9656.94	9,656.94	9,656.94					
							154317.8467	154,317.85	154,317.85					
INSTALACIONES DE DRENAJE														
5	Alcantarilla de acero corrugado D=1.50m; e=2.5mm; Mp-10	m	60	305.85	18351		30.00	30.00						
							9,175.50	9,175.50						
6	Tubería PVC corrugado D=300mm	m	176	51.7	9099.2		88.00	88.00						
							4,549.60	4,549.60						
7	H.S. f'c=180 kg/cm2 incluido encofrado	m3	725.02	173.39	125711.22				241.67	241.67	241.67			
									41903.74	41903.74	41903.74			
8	Hormigón ciclópeo para cabezales	m3	124.56	130.44	16,247.61							124.56		
												16247.61		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO														
9	Suministro y colocación sub- base granular Clase 2	m3	4629.36	15.92	73699.41					3086.24	1543.12			
										49132.94	24566.47			
10	Suministro y colocación base granular Clase 2	m3	4629.36	17.39	80504.57						3703.488	925.872		
											64403.66	16100.91		
11	C. rodadura hormigón asfáltico mezclado en planta, e=5cm, inc. Imprimación	m2	38577.97	11.49	443260.88							30862.376	7715.594	
												354608.70	88652.18	
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRÁNSITO														
12	Señalización Horizontal (marcas pavimento)	km	15.94	447.86	7138.89									7,138.89
														7,138.89
13	Señalización Vertical Reglamentaria	u	30	140.69	4220.7									30.00
														4,220.70
TOTAL					1,415,285.89									
INVERSIÓN MENSUAL						45,019.43	213,062.38	210,607.12	237,717.42	91,036.68	130,873.87	386,957.23	100,011.77	
AVANCE PARCIAL EN %						3.18%	15.05%	14.88%	16.80%	6.43%	9.25%	27.34%	7.07%	
INVERSIÓN ACUMULADA						45,019.43	258,081.82	468,688.93	706,406.35	797,443.03	928,316.90	1,315,274.12	1,415,285.89	
AVANCE ACUMULADO EN %						3.18%	18.24%	33.12%	49.91%	56.35%	65.59%	92.93%	100.00%	
Pelileo, Julio 2015														
Egda.: Nancy Sánchez ELABORADO POR														

6.8 ADMINISTRACIÓN

La administración para la ejecución del mejoramiento y apertura del tramo faltante de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate requiere de recursos económicos, humanos, técnicos y reglamentaciones por parte del departamento de planificación del GAD Municipal de San Pedro de Pelileo.

6.8.1 Recursos económicos

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo será el ejecutor de esta obra, el mismo que puede realizar un convenio con el Gobierno Provincial de Tungurahua con el fin de conseguir un presupuesto más amplio para la ejecución del proyecto.

6.8.2 Recursos técnicos

Es importante contar con la presencia de técnicos especializados en el diseño de vías, con amplios conocimientos en equipos con tecnología de punta y en la calidad de los materiales, para así cumplir con los proyectos planificados agilizando el proceso de diseño y proporcionando de resultados confiables a la construcción de la carretera.

6.8.3 Recursos administrativos

Para administrar el proyecto, se debe contar con un personal suficientemente calificado con conocimientos sólidos en obras viales que conjuntamente con el manejo de equipos digitales, maquinaria pesada y materiales adecuados permitan llevar a cabo la ejecución de la obra y así optimizar recursos, tiempo y dinero de una manera responsable.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Se establece un plan de seguimiento y control de los procesos constructivos en base a las especificaciones técnicas de todos los rubros contratados para el proyecto,

incluyendo además medidas que ayuden a proteger a los transeúntes, a la cuadrilla de trabajadores y al medio ambiente.

6.9.1 Proceso constructivo

La construcción se llevará a cabo de acuerdo al cronograma valorado de trabajos el mismo que consta de:

En los primeros meses se partirá con el desbroce, desbosque y limpieza de la zona del proyecto, para su posterior replanteo y nivelación, es decir, transportar los datos de los planos al terreno, formando de esta manera la ruta por donde se desplazará la vía.

Luego se continuará con el movimiento de tierras, donde se involucran las actividades de excavación tanto de la vía como para las estructuras menores (cunetas y alcantarillas) y los rellenos compactados con material proveniente de la misma obra, de acuerdo a lo estipulado en los planos de diseño, quedando de esta manera preparada la plataforma de la vía; y según sea el avance de la obra, se realizará la instalación de las tuberías y la construcción de los sistemas de drenaje.

Del quinto al octavo mes se dispondrá a conformar la estructura del pavimento con el suministro y colocación debidamente compactados de las capas de sub-base y base, sobre la cual se realizará el riego del imprimante dejándole un periodo mínimo de 24 horas antes de ser tendida la carpeta asfáltica.

Finalmente se colocará la señalética horizontal y vertical de acuerdo a los puntos donde se hayan dispuesto para la seguridad de los usuarios.

6.9.2 Señalización para la ejecución de los trabajos

En el proceso de construcción, el contratista tiene la obligación de proporcionar todas las medidas y precauciones necesarias para la circulación de equipos, maquinaria y vehículos en la zona del proyecto, para esto se instalará la señalización apropiada, tales como carteles, vallas, cintas delimitadoras, pasos peatonales provisionales, mallas plásticas, entre otras.

6.9.3 Seguridad industrial y salud ocupacional

La seguridad industrial es el conjunto de normas de prevención y control que el contratista debe implementar en cada uno de sus frentes de trabajo e instalaciones a fin de evitar la ocurrencia de riesgos y accidentes laborales. La salud ocupacional, previene la generación de enfermedades profesionales, consideradas graves y que son resultado de efectuar labores en un ambiente de trabajo inadecuado.

Para minimizar los riesgos de trabajo, el contratista deberá proveer a su personal la vestimenta básica como cascos protectores, ropa impermeable, botas de goma con punta de acero, mascarillas de polvo y demás implementos recomendados por las leyes de seguridad industrial vigentes en el país. (MOP, 2002).

6.9.4 Medidas generales de control ambiental

a) Prevención y control de la contaminación del suelo

El contratista deberá prevenir y evitar derrames de hidrocarburos, aceites y grasas y otras sustancias contaminantes, construyendo diques de contención alrededor de los depósitos.

b) Prevención y control de la contaminación del agua

Los sistemas de aguas superficiales y subterráneos necesitan ser protegidos de derrames accidentales, desalojo de desechos, basuras, etc., por lo que, el contratista, durante la ejecución de la obra, tomará todas las medidas necesarias para evitar su contaminación.

c) Prevención y control de la contaminación del aire

Control de emisiones: El contratista, mediante un adecuado mantenimiento de sus equipos y maquinaria propulsados por motores de combustión interna con uso de combustibles fósiles, controlará las emisiones de humos y gases.

Control de polvo: A fin de proteger al personal técnico y obreros de la obra vial, los habitantes cercanos, la flora y fauna nativas, y evitar la generación de polvo en

los frentes de trabajo, y otras instalaciones, se deberá regar agua sobre los suelos superficiales expuestos al tránsito vehicular, mediante la utilización de carros cisternas que humedecerán el material en las áreas de trabajo. Para los sitios de acopio de materiales, éstos deben cubrirse con lonas u otro material que atenúe el efecto de los vientos.

d) Prevención y control de ruidos y vibraciones

Los niveles de ruido y vibraciones generados en los diversos frentes de trabajo deberán ser controlados a fin de evitar perturbar a los obreros y operarios de las fuentes generadoras de éste, las poblaciones humanas y faunísticas de la zona de la obra, para reducir la causa se requiere de la utilización de silenciadores de escape, para el caso de vehículos, maquinaria o equipo pesado y de amortiguadores para mitigar las vibraciones.

e) Conservación de la flora y fauna nativas

Los trabajos de desbroce, desbosque y limpieza se limitarán al área física indispensable para los trabajos de construcción y deberá realizarse en forma tal que causen el mínimo daño posible en las zonas aledañas, así como: evitando causar la pérdida de la vegetación en flancos de ríos, quebradas o lagunas; cuando se tenga que realizar cortes de vegetación, se lo hará con sierras de mano y no con buldózer, para evitar daños en los suelos y deterioro de zonas adyacentes; para los encofrados de obras de arte (alcantarillas, pasos de agua, etc.), el constructor utilizará solamente madera talada durante el desbroce y desbosque; debiendo incentivarse el reciclaje de la madera en lo posible, y si es el caso, comprar madera ya aserrada, fuera del área de influencia de la obra. (MOP, 2002).

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- CÁRDENAS, James. (2002). *“Diseño Geométrico de Carreteras”*. Editorial Ecoe Ediciones. Primera edición. Impreso en Colombia.
- CHOCONTÁ, Pedro. (2002). *“Diseño Geométrico de Vías”*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera reimpresión. Impreso en Colombia.
- CASANOVA, Leonardo. (2002). *“Topografía Plana”*. Editorial Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA. Impreso en Venezuela. Mérida.
- BAÑÓN, Luis. (2000). *“Manual de Carreteras”*. Tomo I y II. Editorial Enrique Ortiz e Hijos. España.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, MTC. (2008). *“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, MTC. (2013). *“Manual de Carreteras Diseño Geométrico”*.
- Ministerio de Obras Públicas, MOP. (2002). *“Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes”*. MOP - 001-F 2002. Quito.
- Ministerio de Obras Públicas, MOP. (2003). *“Normas de Diseño Geométrico de Carreteras”*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP. (2013). *“Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12”*. Volumen 2A – B y 3. Quito.
- RICO, Alfonso y Otros. (1998). *“Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias”*. Publicación Técnica No. 104. Sanfandila, Qro. México.

- CORREDOR, Gustavo. “*Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO*”. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción.
- CORONADO, Jorge. (2002). “*Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento*”.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2011). “*Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical*”. Primera Edición. Quito – Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2011). “*Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal*”. Primera Edición. Quito – Ecuador.
- PÉREZ, Lorena Ing. (2010). “*Apuntes de Mecánica de Suelos I*”. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Universidad Técnica de Ambato.
- MOREIRA, Frixon Ing. (2011 – 2012). “*Apuntes de Mecánica de Suelos II y Pavimentos*”. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Universidad Técnica de Ambato.
- ALMEIDA, Vinicio Ing. (2013). “*Apuntes de Ingeniería del Transporte*”. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Universidad Técnica de Ambato.
- ORTUÑO, José y Otros. (2011). “*Diseño vial definitivo de la avenida ESCALÓN 2*”. Tesis de Pregrado. Universidad Salesiana de Quito.
- TOALA, Diana. (2014). “*Estudio de comunicación vial entre las colonias El Esfuerzo II- 17 De Abril- San Luis de la Parroquia El Triunfo, Cantón y Provincia de Pastaza, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del sector*”. Tesis de Pregrado N° 792. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Universidad Técnica de Ambato.

2. ANEXOS

- A. Formato de encuesta.
- B. Formato del conteo de tráfico.
- C. Estudio de suelos.
- D. Fotografías.
- E. Tabla de valores para el diseño geométrico según el MOP.
- F. Formato de datos del levantamiento topográfico.
- G. Inventario vial.
- H. Mapa de ubicación de Estaciones Meteorológicas y Zonificación de Intensidades de Precipitación del Ecuador.
- I. Volúmenes de corte y relleno del proyecto.
- J. Análisis de precios unitarios.
- K. Planos.

Anexos

ANEXO A: Formato de encuesta



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



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

Instrucciones: Lea detenidamente y marque con una dentro del recuadro según corresponda. Recuerde que sus respuestas proporcionarán información valiosa para el desarrollo del proyecto.

1. ¿Cómo considera usted el estado actual de la vía?

Bueno

Regular

Malo

2. ¿Cree usted que es importante realizarse la apertura del tramo faltante de la vía?

Si

No

3. ¿Estaría dispuesto usted a ceder parte de su propiedad si el proyecto así lo requiere?

Si

No

4. ¿Qué aspecto cree usted que se ve más afectado por las condiciones en las que se encuentra la vía?

Social

Económico

5. ¿Qué sector resultaría más beneficiado con la ejecución del proyecto?

Agricultura-Ganadería
Comercio

Salud
Educación

Turismo

6. ¿Qué tipo de transporte circula actualmente con mayor frecuencia?

Camiones
Buses

Camionetas
Automóviles

Motocicletas

7. ¿Cuál es el día de mayor transitabilidad en la vía?

Lunes
Martes

Miércoles
Jueves

Viernes
Sábado

Domingo

8. ¿Con las condiciones actuales de la vía, de qué forma considera usted que se realiza el transporte de los productos agrícolas a los centros de expendio?

Fácil y rápida

Difícil y lenta

9. ¿Si el proyecto se realizara, en qué medida cree usted que mejorarían las actividades comerciales del sector?

Mucho

Poco

Nada

ANEXO B: Formato del conteo del tráfico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO VÍA A SIGUALÓ



Ubicación: Vía a Sigualó en la comunidad de Salate

Fecha: Viernes, 06 de Febrero del 2015

Estación: Única

Tráfico: Ambas direcciones.

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL EN 15 MIN	ACUMULADO POR HORAS
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4		
6:00 - 6:15	0	0	0	0	0	0	0	
6:15 - 6:30	1	0	0	0	0	0	1	
6:30 - 6:45	2	0	0	0	0	0	2	
6:45 - 7:00	1	0	0	0	0	0	1	4
7:00 - 7:15	0	0	0	0	0	0	0	4
7:15 - 7:30	1	0	0	0	0	0	1	4
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	1	3
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	2
8:00 - 8:15	0	0	0	0	0	0	0	2
8:15 - 8:30	0	0	0	0	0	0	0	1
8:30 - 8:45	0	0	1	0	0	0	1	1
8:45 - 9:00	0	0	1	0	0	0	1	2
9:00 - 9:15	0	0	0	0	0	0	0	2
9:15 - 9:30	0	0	0	0	0	0	0	2
9:30 - 9:45	0	0	0	0	0	0	0	1
9:45 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 - 10:15	1	0	0	0	0	0	1	1
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	1
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	1
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	1
11:00 - 11:15	1	0	0	0	0	0	1	1
11:15 - 11:30	1	0	0	0	0	0	1	2
11:30 - 11:45	1	0	0	0	0	0	1	3
11:45 - 12:00	1	0	1	0	0	0	2	5
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	4
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	3
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	2
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	1	0	0	0	0	0	1	1
13:15 - 13:30	1	0	1	0	0	0	2	3
13:30 - 13:45	2	0	0	0	0	0	2	5
13:45 - 14:00	1	0	0	0	0	0	1	6
14:00 - 14:15	1	0	0	0	0	0	1	6
14:15 - 14:30	2	0	0	0	0	0	2	6
14:30 - 14:45	1	0	0	0	0	0	1	5
14:45 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	4
15:00 - 15:15	1	0	0	0	0	0	1	4
15:15 - 15:30	1	0	0	1	0	0	2	4
15:30 - 15:45	2	0	0	0	0	0	2	5
15:45 - 16:00	2	0	0	0	0	0	2	7
16:00 - 16:15	2	0	0	0	0	0	2	8
16:15 - 16:30	3	0	0	0	0	0	3	9
16:30 - 16:45	1	0	0	0	0	0	1	8
16:45 - 17:00	2	0	0	0	0	0	2	8
17:00 - 17:15	1	0	0	0	0	0	1	7
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	4
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	3
17:45 - 18:00	1	0	0	0	0	0	1	2
TOTAL	36	0	4	1	0	0	41	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO VÍA A SIGNALÓ



Ubicación: Vía a Signaló en la comunidad de Salate.

Fecha: Sábado, 07 de Febrero del 2015

Estación: Única

Tráfico: Ambas direcciones.

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL EN 15 MIN	ACUMULADO POR HORAS
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4		
6:00 - 6:15	3	0	0	0	0	0	3	
6:15 - 6:30	3	0	0	0	0	0	3	
6:30 - 6:45	4	0	0	0	0	0	4	
6:45 - 7:00	3	0	0	0	0	0	3	13
7:00 - 7:15	3	0	0	0	0	0	3	13
7:15 - 7:30	2	0	0	0	0	0	2	12
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	1	9
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	6
8:00 - 8:15	1	0	0	0	0	0	1	4
8:15 - 8:30	1	0	0	0	0	0	1	3
8:30 - 8:45	0	0	0	0	0	0	0	2
8:45 - 9:00	1	0	0	0	0	0	1	3
9:00 - 9:15	0	0	0	0	0	0	0	2
9:15 - 9:30	4	0	0	0	0	0	4	5
9:30 - 9:45	2	0	0	1	0	0	3	8
9:45 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	7
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	3
10:30 - 10:45	3	0	0	0	0	0	3	3
10:45 - 11:00	2	0	0	0	0	0	2	5
11:00 - 11:15	4	0	0	0	0	0	4	9
11:15 - 11:30	1	0	0	0	0	0	1	10
11:30 - 11:45	3	0	0	0	0	0	3	10
11:45 - 12:00	2	0	0	0	0	0	2	10
12:00 - 12:15	1	0	0	0	0	0	1	7
12:15 - 12:30	1	0	0	0	0	0	1	7
12:30 - 12:45	4	0	0	0	0	0	4	8
12:45 - 13:00	3	0	0	0	0	0	3	9
13:00 - 13:15	4	0	0	1	0	0	5	13
13:15 - 13:30	2	0	0	1	0	0	3	15
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	0	0	11
13:45 - 14:00	1	0	0	0	0	0	1	9
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	4
14:15 - 14:30	2	0	0	0	0	0	2	3
14:30 - 14:45	1	0	0	0	0	0	1	4
14:45 - 15:00	1	0	0	0	0	0	1	4
15:00 - 15:15	2	0	0	0	0	0	2	6
15:15 - 15:30	1	0	0	0	0	0	1	5
15:30 - 15:45	1	0	0	0	0	0	1	5
15:45 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	4
16:00 - 16:15	0	0	0	0	0	0	0	2
16:15 - 16:30	1	0	0	1	0	0	2	3
16:30 - 16:45	1	0	0	0	0	0	1	3
16:45 - 17:00	1	0	0	0	0	0	1	4
17:00 - 17:15	1	0	0	0	0	0	1	5
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	3
17:30 - 17:45	2	0	0	0	0	0	2	4
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL	73	0	0	4	0	0	77	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO VÍA A SIGNALÓ



Ubicación: Vía a Signaló en la comunidad de Salate

Fecha: Domingo, 08 de Febrero del 2015

Estación: Única

Tráfico: Ambas direcciones.

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL EN 15 MIN	ACUMULADO POR HORAS
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4		
6:00 - 6:15	0	0	0	0	0	0	0	
6:15 - 6:30	0	0	0	0	0	0	0	
6:30 - 6:45	0	0	0	0	0	0	0	
6:45 - 7:00	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 - 7:15	1	0	0	0	0	0	1	1
7:15 - 7:30	0	0	0	0	0	0	0	1
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	1	2
7:45 - 8:00	1	0	0	0	0	0	1	3
8:00 - 8:15	1	0	0	0	0	0	1	3
8:15 - 8:30	0	0	0	0	0	0	0	3
8:30 - 8:45	0	0	0	0	0	0	0	2
8:45 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	1
9:00 - 9:15	1	0	0	0	0	0	1	1
9:15 - 9:30	1	0	1	0	0	0	2	3
9:30 - 9:45	0	0	0	0	0	0	0	3
9:45 - 10:00	1	0	0	0	0	0	1	4
10:00 - 10:15	1	0	0	0	0	0	1	4
10:15 - 10:30	1	0	0	0	0	0	1	3
10:30 - 10:45	0	0	0	0	0	0	0	3
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	2
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	1
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	2	0	0	0	0	0	2	2
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	2
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	2
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	2
12:30 - 12:45	0	0	0	0	0	0	0	0
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0	0	0	0
13:15 - 13:30	0	0	0	0	0	0	0	0
13:30 - 13:45	1	0	0	0	0	0	1	1
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	1
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	1
14:15 - 14:30	0	0	0	0	0	0	0	1
14:30 - 14:45	1	0	0	0	0	0	1	1
14:45 - 15:00	0	0	0	0	0	0	0	1
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	0	0	1
15:15 - 15:30	0	0	0	0	0	0	0	1
15:30 - 15:45	0	0	0	0	0	0	0	0
15:45 - 16:00	1	0	0	0	0	0	1	1
16:00 - 16:15	0	0	0	1	0	0	1	2
16:15 - 16:30	1	0	0	0	0	0	1	3
16:30 - 16:45	1	0	0	0	0	0	1	4
16:45 - 17:00	1	0	0	0	0	0	1	4
17:00 - 17:15	1	0	0	0	0	0	1	4
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	3
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	2
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	18	0	1	1	0	0	20	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO VÍA A SIGNALÓ



Ubicación: Vía a Signaló en la comunidad de Salate

Fecha: Lunes, 09 de Febrero del 2015

Estación: Única

Tráfico: Ambas direcciones.

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL EN 15 MIN	ACUMULADO POR HORAS
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4		
6:00 - 6:15	0	0	0	0	0	0	0	
6:15 - 6:30	2	0	0	0	0	0	2	
6:30 - 6:45	1	0	0	0	0	0	1	
6:45 - 7:00	1	0	0	0	0	0	1	4
7:00 - 7:15	0	0	0	0	0	0	0	4
7:15 - 7:30	1	0	0	0	0	0	1	3
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	1	3
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	2
8:00 - 8:15	1	0	0	0	0	0	1	3
8:15 - 8:30	0	0	0	0	0	0	0	2
8:30 - 8:45	0	0	0	0	0	0	0	1
8:45 - 9:00	0	0	0	0	0	0	0	1
9:00 - 9:15	0	0	0	0	0	0	0	0
9:15 - 9:30	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 - 9:45	1	0	0	0	0	0	1	1
9:45 - 10:00	1	0	0	0	0	0	1	2
10:00 - 10:15	0	0	0	0	0	0	0	2
10:15 - 10:30	0	0	0	0	0	0	0	2
10:30 - 10:45	1	0	0	0	0	0	1	2
10:45 - 11:00	0	0	0	0	0	0	0	1
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	1
11:15 - 11:30	0	0	0	0	0	0	0	1
11:30 - 11:45	1	0	0	0	0	0	1	1
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	1
12:00 - 12:15	0	0	0	0	0	0	0	1
12:15 - 12:30	1	0	1	0	0	0	2	3
12:30 - 12:45	1	0	0	0	0	0	1	3
12:45 - 13:00	1	0	0	0	0	0	1	4
13:00 - 13:15	0	0	1	0	0	0	1	5
13:15 - 13:30	1	0	1	0	0	0	2	5
13:30 - 13:45	2	0	0	0	0	0	2	6
13:45 - 14:00	1	0	1	0	0	0	2	7
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	0	6
14:15 - 14:30	0	0	0	0	0	0	0	4
14:30 - 14:45	0	0	0	0	0	0	0	2
14:45 - 15:00	0	0	1	0	0	0	1	1
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	0	0	1
15:15 - 15:30	1	0	0	1	0	0	2	3
15:30 - 15:45	1	0	0	2	0	0	3	6
15:45 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	5
16:00 - 16:15	1	0	0	0	0	0	1	6
16:15 - 16:30	0	0	0	0	0	0	0	4
16:30 - 16:45	1	0	0	0	0	0	1	2
16:45 - 17:00	1	0	0	0	0	0	1	3
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	2
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	2
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	1
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	23	0	5	3	0	0	31	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO VÍA A SIGUALÓ



Ubicación: Vía a Sigualó en la comunidad de Salate

Fecha: Martes, 10 de Febrero del 2015



Estación: Única

Tráfico: Ambas direcciones.

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL EN 15 MIN	ACUMULADO POR HORAS
			C-2-P	C-2-G	C-3	C-4		
6:00 - 6:15	1	0	0	0	0	0	1	
6:15 - 6:30	1	0	0	0	0	0	1	
6:30 - 6:45	2	0	0	0	0	0	2	
6:45 - 7:00	1	0	0	0	0	0	1	5
7:00 - 7:15	2	0	0	0	0	0	2	6
7:15 - 7:30	2	0	0	0	0	0	2	7
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	1	6
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	5
8:00 - 8:15	1	0	0	0	0	0	1	4
8:15 - 8:30	0	0	1	0	0	0	1	3
8:30 - 8:45	1	0	0	0	0	0	1	3
8:45 - 9:00	1	0	0	0	0	0	1	4
9:00 - 9:15	0	0	0	0	0	0	0	3
9:15 - 9:30	1	0	0	0	0	0	1	3
9:30 - 9:45	0	0	0	0	0	0	0	2
9:45 - 10:00	0	0	0	0	0	0	0	1
10:00 - 10:15	2	0	0	0	0	0	2	3
10:15 - 10:30	1	0	0	0	0	0	1	3
10:30 - 10:45	1	0	0	0	0	0	1	4
10:45 - 11:00	2	0	0	0	0	0	2	6
11:00 - 11:15	1	0	1	0	0	0	2	6
11:15 - 11:30	3	0	0	0	0	0	3	8
11:30 - 11:45	2	0	0	0	0	0	2	9
11:45 - 12:00	3	0	0	0	0	0	3	10
12:00 - 12:15	4	0	0	0	0	0	4	12
12:15 - 12:30	0	0	0	0	0	0	0	9
12:30 - 12:45	2	0	0	0	0	0	2	9
12:45 - 13:00	1	0	0	0	0	0	1	7
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0	0	0	3
13:15 - 13:30	2	0	0	0	0	0	2	5
13:30 - 13:45	1	0	0	0	0	0	1	4
13:45 - 14:00	0	0	0	0	0	0	0	3
14:00 - 14:15	1	0	0	0	0	0	1	4
14:15 - 14:30	1	0	0	0	0	0	1	3
14:30 - 14:45	2	0	0	1	0	0	3	5
14:45 - 15:00	2	0	0	0	0	0	2	7
15:00 - 15:15	0	0	0	0	0	0	0	6
15:15 - 15:30	0	0	0	0	0	0	0	5
15:30 - 15:45	1	0	0	0	0	0	1	3
15:45 - 16:00	0	0	0	0	0	0	0	1
16:00 - 16:15	0	0	0	0	0	0	0	1
16:15 - 16:30	0	0	0	0	0	0	0	1
16:30 - 16:45	0	0	0	0	0	0	0	0
16:45 - 17:00	1	0	0	0	0	0	1	1
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	0	1
17:15 - 17:30	0	0	0	0	0	0	0	1
17:30 - 17:45	0	0	0	0	0	0	0	1
17:45 - 18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	47	0	2	1	0	0	50	

ANEXO C: Estudio de suelos

		<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</p>								
<p>Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate. Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate. Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo. Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.</p>										
<p>Norma: AASHTO T 217-67 Fecha: 03/03/2015 Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.</p>										
ABSCISA	Km 0+300		Km 1+300		Km 2+300		Km 3+300		Km 4+300	
Recipiente N° (r)	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso recipiente (Wr)	31.20	30.90	31.20	30.90	30.80	30.90	30.50	31.10	31.10	30.80
Peso húmedo + recipiente (Wm + Wr)	169.50	176.30	159.50	152.00	174.60	173.30	164.90	170.60	220.90	208.30
Peso seco + recipiente (Ws + Wr)	151.90	157.70	141.50	134.60	162.80	161.40	148.80	152.60	214.30	203.50
Peso del agua (Ww)	17.60	18.60	18.00	17.40	11.80	11.90	16.10	18.00	6.60	4.80
Peso seco (Ws)	120.70	126.80	110.30	103.70	132.00	130.50	118.30	121.50	183.20	172.70
Contenido de humedad ((Ww/Ws)*100)(%)	14.58	14.67	16.32	16.78	8.94	9.12	13.61	14.81	3.60	2.78
Contenido de humedad promedio (W%)	14.63		16.55		9.03		14.21		3.19	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Abscisa: Km 0+300

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

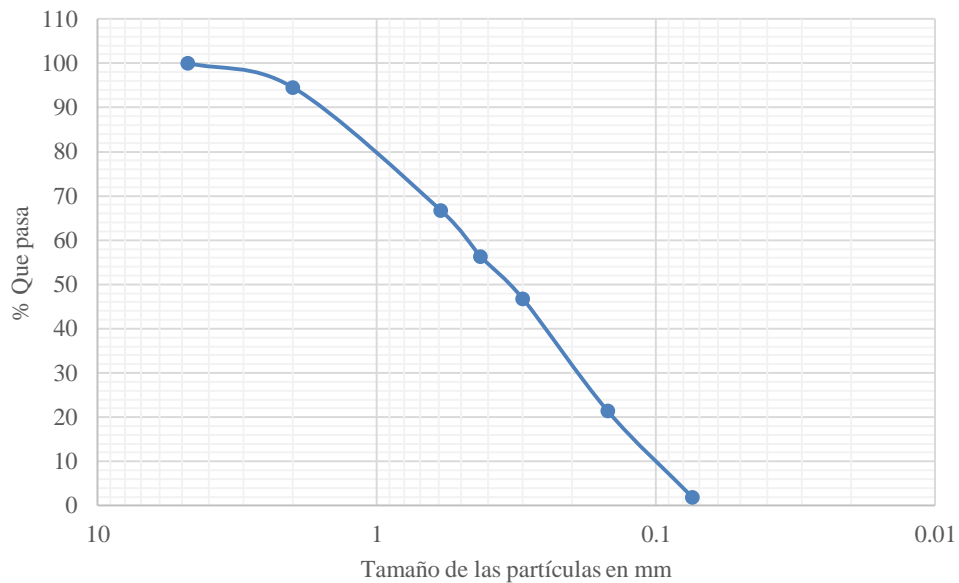
Fecha: 06/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

TAMIZ	TAMIZ EN mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	0	0	100
N 4"	4.76	0	0	100
PASA N 4		5000	100	
N 10	2	25.4	5.47	94.53
N 30	0.59	154.5	33.26	66.74
N 40	0.425	202.8	43.66	56.34
N 50	0.3	247.3	53.24	46.76
N 100	0.149	365.1	78.60	21.40
N 200	0.074	455.8	98.13	1.87
PASA EL N 200		8.7	1.87	
TOTAL		464.5	Clasificación SUCS: Arena bien graduada (SW) Índice plástico (Ip): No plástico (NP)	
PESO ANTES DE LAVADO		500		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		464.5		
TOTAL - DIFERENCIA		35.5		

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: AASHTO T-180

Método: PROCTOR MODIFICADO

Abscisa: Km 0+300

Fecha: 13/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Número de golpes: 56	Número de capas: 5	Peso martillo: 10 lbs
Altura de caída: 18"	Peso del molde: 14203 gr	Volumen molde cc: 2297.85 cm ³

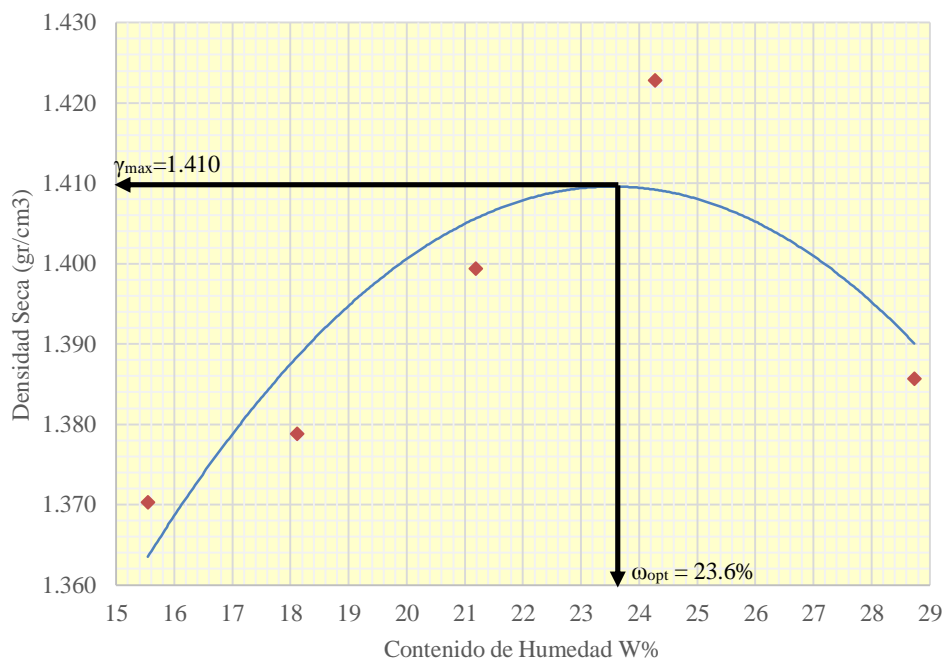
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	A	B	C	D	E
Peso inicial de muestra desecada	6000	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida en %	6	9	12	15	18
Humedad inicial añadida en (cc)	360	540	720	900	1080
P molde + Suelo húmedo	17841	17945	18100	18266	18302
Peso suelo húmedo	3638	3742	3897	4063	4099
Densidad húmeda en gr/cm ³	1.583	1.628	1.696	1.768	1.784

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	149.7	149	141.2	145.7	157.5	142.5	143.6	140	165.9	180.5
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	133.8	133.1	124.2	128.2	135.4	123	121.8	118.6	135.6	147.4
Peso del recipiente (Wr)	31	31.3	30.8	31.1	31.1	31	31.1	31.3	30.9	31.4
Peso del agua (Ww)	15.9	15.9	17	17.5	22.1	19.5	21.8	21.4	30.3	33.1
Peso suelo seco (Ws)	102.8	101.8	93.4	97.1	104.3	92	90.7	87.3	104.7	116
Contenido de humedad (W%)	15.47	15.62	18.20	18.02	21.19	21.20	24.04	24.51	28.94	28.53
Contenido de humedad prom (W%)	15.54		18.11		21.19		24.27		28.74	
Densidad seca en gr/cm ³	1.370		1.379		1.399		1.423		1.386	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



γ máxima = 1.410 gr/cm³

W óptima = 23.6%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Abscisa: Km 0+300

Norma: ASTM D 1883-99

Fecha: 18/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MOLDE	A		B		C	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
P. Hum. + Molde	11067	11178	10760	10912	12126	12387
Peso Molde	7008	7008	6776	6776	8411	8411
P. Húmedo	4059	4170	3984	4136	3715	3976
Volumen Muestra	2297.85	2297.85	2334.95	2334.95	2341.14	2341.14
Densidad Húmeda	1.766	1.815	1.706	1.771	1.587	1.698
Densidad Seca	1.428	1.454	1.380	1.399	1.285	1.285
Den. Seca Prom.	1.441		1.389		1.285	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M4-1	M2-1	M2-2	M4-2	M3-1	M3-2	M5-1
P. Hum. + Recipiente	117.1	127.3	125.8	129.9	130.8	116.9	135.6	129.7	136.2
P. Seco + Recipiente	100.6	108.8	107	110.9	111.7	98.8	115.7	110.8	110.6
Peso Recipiente	31	30.8	31.1	30.6	31.1	30.8	30.8	30.8	31.1
Peso Agua	16.5	18.5	18.8	19	19.1	18.1	19.9	18.9	25.6
Peso Seco	69.6	78	75.9	80.3	80.6	68	84.9	80	79.5
Contenido Humedad %	23.71	23.72	24.77	23.66	23.70	26.62	23.44	23.63	32.20
Con. Hum. Prom. %	23.71		24.77	23.68		26.62	23.53		32.20
Agua Absorbida %	1.06			2.94			8.67		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R.



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: ASTM D 1883-99

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Abscisa: Km 0+300

Fecha: 18/03/2015

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

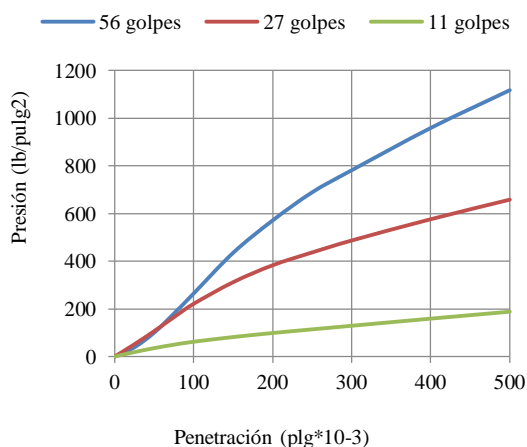
ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

Molde Número			A				B				C			
Fecha		Tiempo	Lect. Dial (plg)	Esponj		Lect. Dial (plg)	Esponj		Lect. Dial (plg)	Esponj				
Día y Mes	Hora	Días	Mues plg.	plg *10-2	%	Mues plg.	plg *10-2	%	Mues plg.	plg *10-2	%			
25-mar-15	14:35	0	0.579	0.00	0	0.528	0.00	0	0.315	0.00	0			
26-mar-15	14:10	1	0.582	0.27	0.06	0.530	0.24	0.05	0.324	0.92	0.2			
27-mar-15	14:28	2	0.583	0.39	0.08	0.531	0.27	0.05	0.325	1.02	0.2			

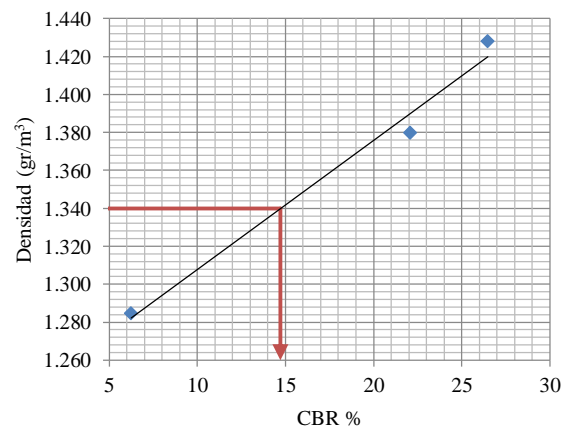
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón = 3 plg2				Velocidad de carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Molde Número		A				B				C			
Tiempo		Penet.	Q Carga	Presiones		Q Carga	Presiones		Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	"10-3	lb	Leída	Corg	lb	Leída	Corg	lb	Leída	Corg	%	
		0	0	0.0		0	0.0		0	0.0			
0	30	25	116	38.7		154.5	51.5		56	18.7			
1	0	50	301	100.3		319.5	106.5		107	35.5			
1	30	75	541	180.3		494.5	164.8		150	49.8			
2	0	100	794.5	264.8	264.8	662.5	220.8	220.8	187	62.3	62.3	6.2	
3	0	150	1307	435.5		934.5	311.5		247	82.2			
4	0	200	1714	571.3		1146.9	382.3		298	99.2			
5	0	250	2068	689.2		1307.6	435.9		344	114.6			
6	0	300	2345	781.7		1457.7	485.9		390	129.8			
8	0	400	2877	959.1		1725.1	575.0		480	159.9			
10	0	500	3353	1117.6		1970.6	656.9		568	189.2			
CBR Corregido												22.1	
												26.5	

PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



DENSIDADES vs. CBR



DENSIDADES	RESISTENCIAS
1.428 gr/cm ³	26.5 %
1.380 gr/cm ³	22.1 %
1.285 gr/cm ³	6.2 %

DENSIDAD MAX	1.410	gr/cm ³
95% DE DM	1.340	gr/cm ³
CBR PUNTUAL	14.70	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Abscisa: Km 1+300

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

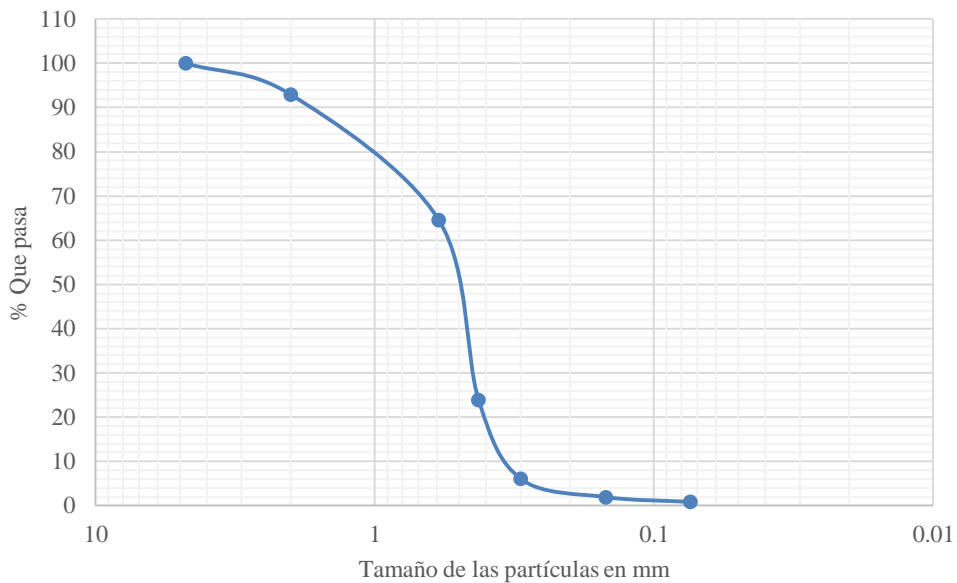
Fecha: 06/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

TAMIZ	TAMIZ EN mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	0	0	100
N 4"	4.76	0	0	100
PASA N 4		5000	100	
N 10	2	33.5	7.04	92.96
N 30	0.59	168.3	35.39	64.61
N 40	0.425	361.5	76.01	23.99
N 50	0.3	446.6	93.90	6.10
N 100	0.149	466.2	98.02	1.98
N 200	0.074	471.4	99.12	0.88
PASA EL N 200		4.2	0.88	
TOTAL		475.6	Clasificación SUCS: Arena mal graduada (SP) Índice plástico (Ip): No plástico (NP)	
PESO ANTES DE LAVADO		500		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		475.6		
TOTAL - DIFERENCIA		24.4		

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: AASHTO T-180

Método: PROCTOR MODIFICADO

Abscisa: Km 1+300

Fecha: 13/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Número de golpes: 56	Número de capas: 5	Peso martillo: 10 lbs
Altura de caída: 18"	Peso del molde: 14203 gr	Volumen molde cc: 2297.85 cm ³

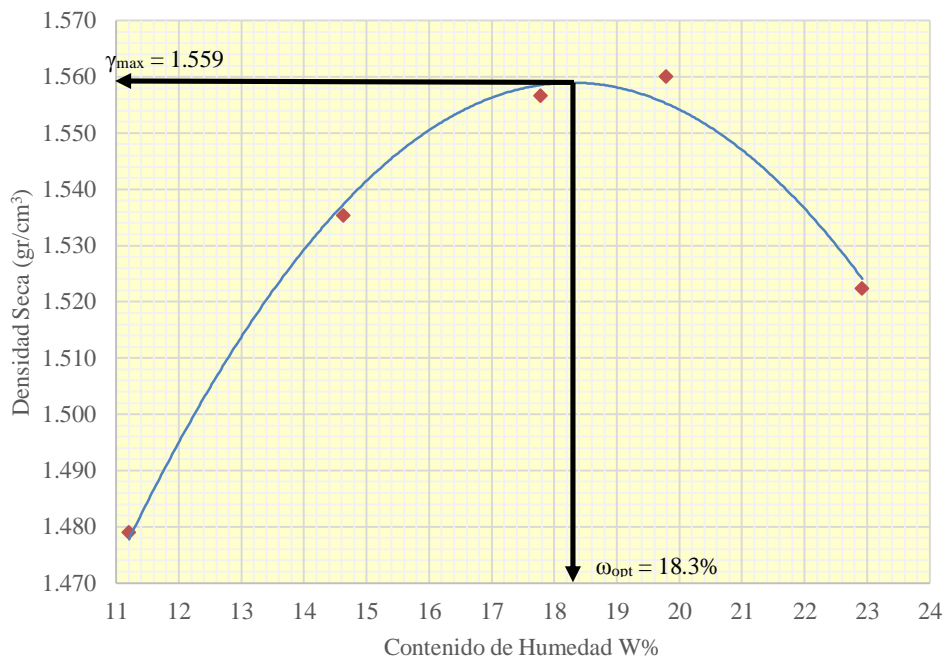
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	A	B	C	D	E
Peso inicial de muestra deseada	6000	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida en %	6	9	12	15	18
Humedad inicial añadida en (cc)	360	540	720	900	1080
P molde + Suelo húmedo	17982	18247	18416	18497	18503
Peso suelo húmedo	3779	4044	4213	4294	4300
Densidad húmeda en gr/cm ³	1.645	1.760	1.833	1.869	1.871

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	185.4	131.6	146.5	146.6	154.1	139	151.3	146	171.3	161.6
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	172.5	121.5	131.8	131.8	135.5	122	131.5	127	145	137.3
Peso del recipiente (Wr)	57.8	31	31.3	30.7	31.4	30.9	31.1	30.9	30.8	30.8
Peso del agua (Ww)	12.9	10.1	14.7	14.8	18.6	16.2	19.8	19	26.3	24.3
Peso suelo seco (Ws)	114.7	90.5	100.5	101.1	104.1	91.5	100.4	95.7	114.2	106.5
Contenido de humedad (W%)	11.25	11.16	14.63	14.64	17.87	17.70	19.72	19.85	23.03	22.82
Contenido de humedad prom (W%)	11.20		14.63		17.79		19.79		22.92	
Densidad seca en gr/cm ³	1.479		1.535		1.557		1.560		1.522	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



γ máxima = 1.559 gr/cm³

W óptima = 18.3%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Abscisa: Km 1+300

Norma: ASTM D 1883-99

Fecha: 20/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MOLDE	A		B		C	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
P. Hum. + Molde	11096	11355	10826	11142	12336	12700
Peso Molde	7008	7008	6776	6776	8411	8411
P. Húmedo	4088	4347	4050	4366	3925	4289
Volumen Muestra	2297.85	2297.85	2334.95	2334.95	2341.14	2341.14
Densidad Húmeda	1.779	1.892	1.735	1.870	1.677	1.832
Densidad Seca	1.504	1.526	1.466	1.493	1.418	1.428
Den. Seca Prom.	1.515		1.479		1.423	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M4-1	M2-1	M2-2	M4-2	M3-1	M3-2	M5-1
P. Hum. + Recipiente	134.7	135.5	137.7	139.3	138	142.9	129.3	135.4	158
P. Seco + Recipiente	118.6	119.4	117.1	122.5	121.4	120.3	114.1	119.3	130
Peso Recipiente	31	30.8	31.1	30.5	31.1	30.8	30.8	30.8	31.1
Peso Agua	16.1	16.1	20.6	16.8	16.6	22.6	15.2	16.1	28
Peso Seco	87.6	88.6	86	92	90.3	89.5	83.3	88.5	98.9
Contenido Humedad %	18.38	18.17	23.95	18.26	18.38	25.25	18.25	18.19	28.31
Con. Hum. Prom. %	18.28		23.95	18.32		25.25	18.22		28.31
Agua Absorbida %	5.68			6.93			10.09		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R.



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: ASTM D 1883-99

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Abscisa: Km 1+300

Fecha: 20/03/2015

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

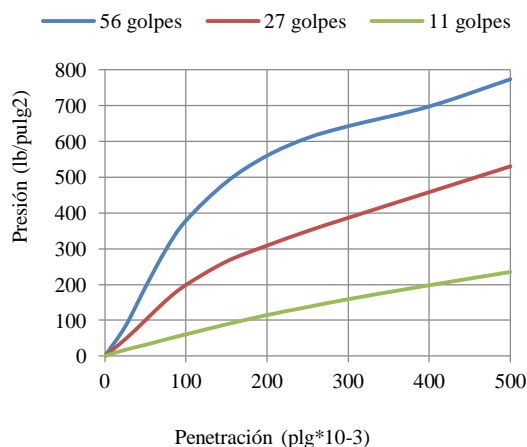
ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

Molde Número			A				B				C			
Fecha		Tiempo	Lect. Dial (plg)	h Mues plg.	Esponj (plg *10-2, %)		Lect. Dial (plg)	h Mues plg.	Esponj (plg *10-2, %)		Lect. Dial (plg)	h Mues plg.	Esponj (plg *10-2, %)	
Día y Mes	Hora	Días												
23-mar-15	14:15	0	0.540	4.97	0.00	0	0.489	5.02	0.00	0	0.297	5.11	0.00	0
24-mar-15	14:20	1	0.543		0.28	0.06	0.490		0.16	0.03	0.300		0.35	0.07
25-mar-15	14:25	2	0.543		0.28	0.06	0.491		0.24	0.05	0.302		0.47	0.09

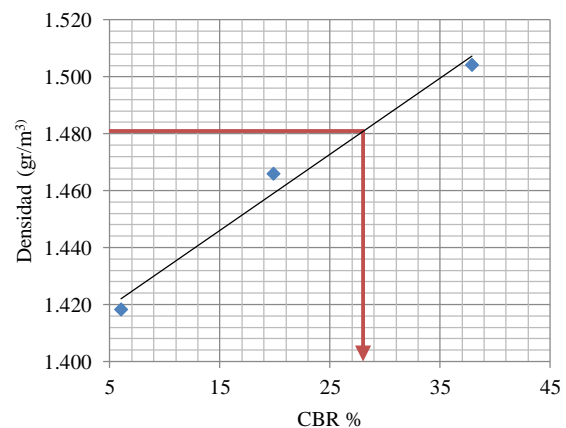
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón = 3 plg2				Velocidad de carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Molde Número		A				B				C				
Tiempo		Penet.	Q Carga	Presiones (Leída, Corg)		CBR	Q Carga	Presiones (Leída, Corg)		CBR	Q Carga	Presiones (Leída, Corg)		CBR
Min.	Seg.	"10-3	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
		0	0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0	30	25	248	82.7			140	46.7			51	17.0		
1	0	50	579	193.0			300	100.0			92.7	30.9		
1	30	75	891	297.0			463	154.3			138.4	46.1		
2	0	100	1137	379.0	379.0	37.9	596	198.7	198.7	19.9	181	60.3	60.3	6.0
3	0	150	1460.7	486.9			792.6	264.2			265	88.3		
4	0	200	1681	560.3			926	308.7			343	114.3		
5	0	250	1829.5	609.8			1047.8	349.3			410.2	136.7		
6	0	300	1928	642.7			1158.8	386.3			476	158.7		
8	0	400	2094	698.0			1374.5	458.2			593.2	197.7		
10	0	500	2321.8	773.9			1590.7	530.2			704.2	234.7		
CBR Corregido						37.9				19.9				6.0

PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



DENSIDADES vs. CBR



DENSIDADES	RESISTENCIAS
1.504 gr/cm ³	37.9 %
1.466 gr/cm ³	19.9 %
1.418 gr/cm ³	6.0 %

DENSIDAD MAX	1.559	gr/cm ³
95% DE DM	1.481	gr/cm ³
CBR PUNTUAL	28.00	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Abscisa: Km 2+300

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

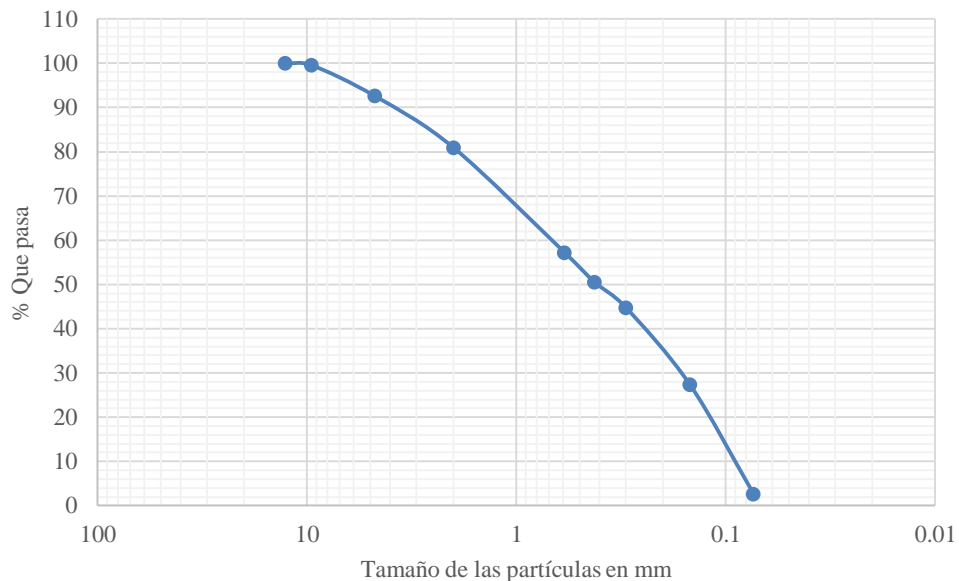
Fecha: 06/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

TAMIZ	TAMIZ EN mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	20.9	0.42	99.58
N 4"	4.76	367.45	7.35	92.65
PASA N 4		4632.55	92.65	
N 10	2	57.3	11.71	80.94
N 30	0.59	173.4	35.43	57.22
N 40	0.425	206.2	42.14	50.51
N 50	0.3	234.6	47.94	44.71
N 100	0.149	319.5	65.29	27.36
N 200	0.074	440.35	89.98	2.67
PASA EL N 200		13.05	2.67	
TOTAL		5000	Clasificación SUCS: Grava arenosa (G – S) Índice plástico (Ip): No plástico (NP)	
PESO ANTES DE LAVADO		500		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		453.4		
TOTAL - DIFERENCIA		46.6		

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: AASHTO T-180

Método: PROCTOR MODIFICADO

Abscisa: Km 2+300

Fecha: 13/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Número de golpes: 56	Número de capas: 5	Peso martillo: 10 lbs
Altura de caída: 18"	Peso del molde: 14203 gr	Volumen molde cc: 2297.85 cm ³

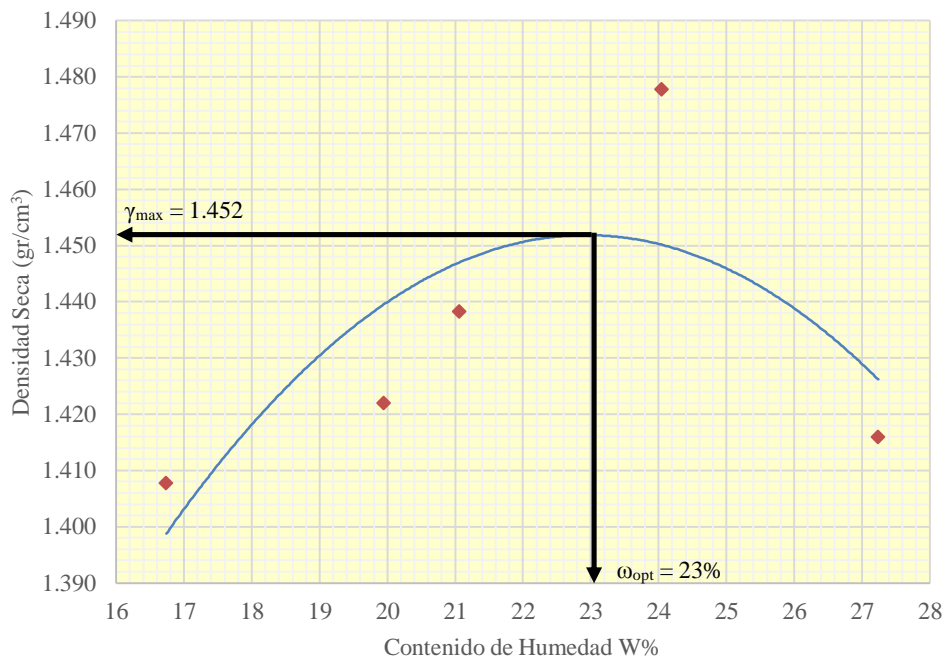
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	A	B	C	D	E
Peso inicial de muestra deseada	6000	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida en %	9	12	15	18	21
Humedad inicial añadida en (cc)	540	720	900	1080	1260
P molde + Suelo húmedo	17979	18122	18204	18415	18343
Peso suelo húmedo	3776	3919	4001	4212	4140
Densidad húmeda en gr/cm ³	1.643	1.706	1.741	1.833	1.802

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	139.6	141	144.3	136.5	140.7	138.1	144.1	174.4	247.7	227.1
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	124.1	125.1	125.4	119	121.7	119.4	122.3	146.4	201.3	185.1
Peso del recipiente (Wr)	30.8	30.8	31.1	30.8	31.2	30.9	30.8	31	31.1	30.8
Peso del agua (Ww)	15.5	15.9	18.9	17.5	19	18.7	21.8	28	46.4	42
Peso suelo seco (Ws)	93.3	94.3	94.3	88.2	90.5	88.5	91.5	115.4	170.2	154.3
Contenido de humedad (W%)	16.61	16.86	20.04	19.84	20.99	21.13	23.83	24.26	27.26	27.22
Contenido de humedad prom (W%)	16.74		19.94		21.06		24.04		27.24	
Densidad seca en gr/cm ³	1.408		1.422		1.438		1.478		1.416	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



γ máxima = 1.452 gr/cm³

W óptima = 23%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropemba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Abscisa: Km 2+300

Norma: ASTM D 1883-99

Fecha: 23/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MOLDE	A		B		C	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
P. Hum. + Molde	11115	11153	10768	10852	12279	12432
Peso Molde	7008	7008	6776	6776	8411	8411
P. Húmedo	4107	4145	3992	4076	3868	4021
Volumen Muestra	2297.85	2297.85	2334.95	2334.95	2341.14	2341.14
Densidad Húmeda	1.787	1.804	1.710	1.746	1.652	1.718
Densidad Seca	1.453	1.415	1.389	1.368	1.343	1.304
Den. Seca Prom.	1.434		1.379		1.324	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M4-1	M2-1	M2-2	M4-2	M3-1	M3-2	M5-1
P. Hum. + Recipiente	128.8	137.3	148	133	140.7	140.9	141.4	140.8	154.7
P. Seco + Recipiente	110.5	117.4	122.8	113.7	120.3	117.1	120.6	120.3	125
Peso Recipiente	31	30.8	31.1	30.6	31.1	30.8	30.8	30.8	31.2
Peso Agua	18.3	19.9	25.2	19.3	20.4	23.8	20.8	20.5	29.7
Peso Seco	79.5	86.6	91.7	83.1	89.2	86.3	89.8	89.5	93.8
Contenido Humedad %	23.02	22.98	27.48	23.23	22.87	27.58	23.16	22.91	31.66
Con. Hum. Prom. %	23.00		27.48	23.05		27.58	23.03		31.66
Agua Absorbida %	4.48			4.53			8.63		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R.



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: ASTM D 1883-99

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Abscisa: Km 2+300

Fecha: 23/03/2015

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

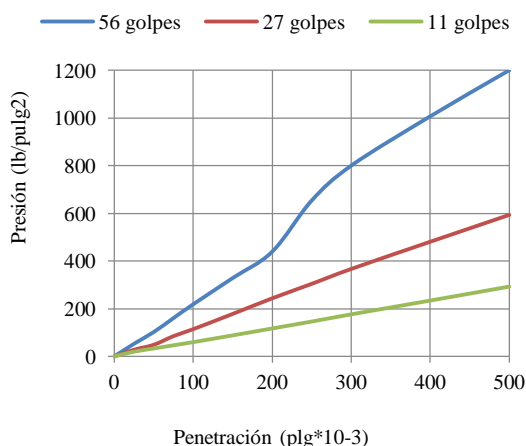
ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

Molde Número			A				B				C			
Fecha	Tiempo		Lect. Dial (plg)	h	Esponj		Lect. Dial (plg)	h	Esponj		Lect. Dial (plg)	h	Esponj	
Día y Mes	Hora	Días		Mues plg.	plg *10-2	%		Mues plg.	plg *10-2	%		Mues plg.	plg *10-2	%
20-mar-15	14:20	0	0.559	4.97	0.00	0	0.508	5.02	0.00	0	0.306	5.11	0.00	0
21-mar-15	14:17	1	0.562		0.28	0.06	0.510		0.20	0.04	0.311		0.53	0.1
23-mar-15	14:35	2	0.563		0.39	0.08	0.511		0.26	0.05	0.313		0.75	0.15

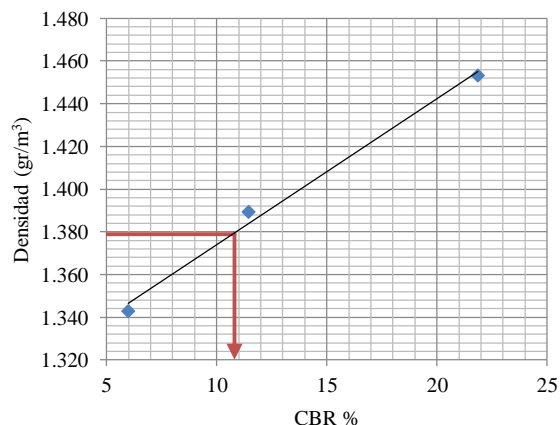
ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				Área del pistón = 3 plg2				Velocidad de carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Molde Número			A				B				C			
Tiempo		Penet.	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	"10-3	lb	Leída	Corg		lb	Leída	Corg		lb	Leída	Corg	
			lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
		0	0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0	30	25	158.4	52.8			83	27.7			59	19.7		
1	0	50	306.2	102.1			146	48.7			98.7	32.9		
1	30	75	482	160.7			255	85.0			139.1	46.4		
2	0	100	656	218.7	218.7	21.9	343	114.3	114.3	11.4	179.1	59.7	59.7	6.0
3	0	150	986	328.7			535	178.3			263.8	87.9		
4	0	200	1318	439.3			731	243.7			350.8	116.9		
5	0	250	1962	654.0			913.4	304.5			437.7	145.9		
6	0	300	2400	800.0			1101	367.0			528	176.0		
8	0	400	3020	1006.7			1443	481.0			701	233.7		
10	0	500	3600	1200.0			1781	593.8			876.6	292.2		
CBR Corregido						21.9				11.4				6.0

PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



DENSIDADES vs. CBR



DENSIDADES	RESISTENCIAS
1.453 gr/cm ³	21.9 %
1.389 gr/cm ³	11.4 %
1.343 gr/cm ³	6.0 %

DENSIDAD MAX	1.452	gr/cm ³
95% DE DM	1.379	gr/cm ³
CBR PUNTUAL	10.80	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Abscisa: Km 3+300

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

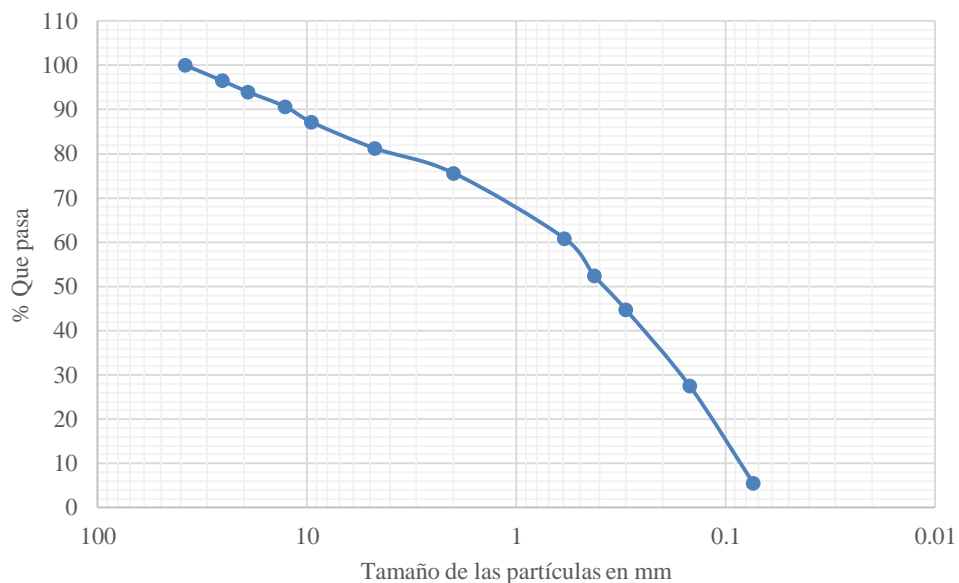
Fecha: 06/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

TAMIZ	TAMIZ EN mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	174.6	3.49	96.51
3/4"	19.1	302	6.04	93.96
1/2"	12.7	467	9.34	90.66
3/8"	9.52	642	12.84	87.16
N 4"	4.76	936.75	18.74	81.27
PASA N 4		4063.25	81.27	
N 10	2	30.3	5.61	75.66
N 30	0.59	110.2	20.39	60.88
N 40	0.425	155.9	28.84	52.43
N 50	0.3	197.6	36.55	44.71
N 100	0.149	290.6	53.76	27.51
N 200	0.074	409.45	75.74	5.52
PASA EL N 200		29.85	5.52	
TOTAL		5000	Clasificación SUCS: Grava arenosa bien graduada (GW – SW) Índice plástico (Ip): No plástico (NP)	
PESO ANTES DE LAVADO		500		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		439.3		
TOTAL - DIFERENCIA		60.7		

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: AASHTO T-180

Método: PROCTOR MODIFICADO

Abscisa: Km 3+300

Fecha: 13/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Número de golpes: 56	Número de capas: 5	Peso martillo: 10 Lbs
Altura de caída: 18"	Peso del molde: 14203 gr	Volumen molde cc: 2297.85 cm ³

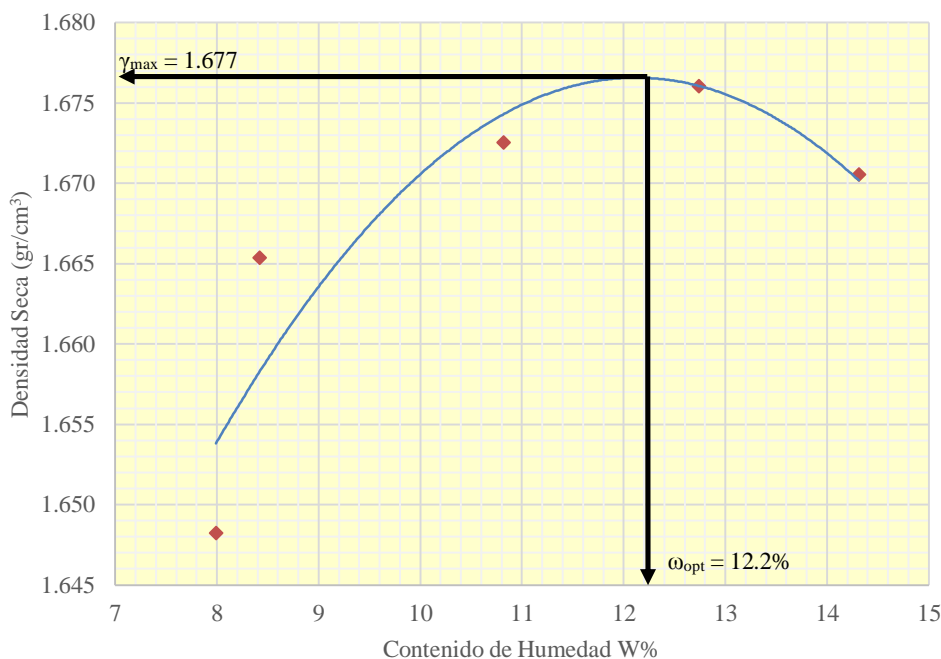
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	A	B	C	D	E
Peso inicial de muestra deseada	6000	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida en %	2	4	6	8	10
Humedad inicial añadida en (cc)	120	240	360	480	600
P molde + Suelo húmedo	18293	18352	18462	18545	18591
Peso suelo húmedo	4090	4149	4259	4342	4388
Densidad húmeda en gr/cm ³	1.780	1.806	1.853	1.890	1.910

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	144.9	157.6	164.1	161.6	153.5	159.2	160.6	165.7	149.7	151.4
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	136.6	148.1	153.7	151.5	141.4	146.8	145.8	150.6	134.9	136.3
Peso del recipiente (Wr)	31.2	30.9	31	30.8	30.6	31.1	30.8	30.9	30.9	31.4
Peso del agua (Ww)	8.3	9.5	10.4	10.1	12.1	12.4	14.8	15.1	14.8	15.1
Peso suelo seco (Ws)	105.4	117.2	122.7	120.7	110.8	115.7	115	119.7	104	104.9
Contenido de humedad (W%)	7.87	8.11	8.48	8.37	10.92	10.72	12.87	12.61	14.23	14.39
Contenido de humedad prom (W%)	7.99		8.42		10.82		12.74		14.31	
Densidad seca en gr/cm ³	1.648		1.665		1.673		1.676		1.671	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



γ máxima = 1.677 gr/cm³

W óptima = 12.2%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Abscisa: Km 3+300

Norma: ASTM D 1883-99

Fecha: 25/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MOLDE	A		B		C	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
P. Hum. + Molde	11414	11599	11032	11281	12471	12787
Peso Molde	7008	7008	6776	6776	8411	8411
P. Húmedo	4406	4591	4256	4505	4060	4376
Volumen Muestra	2297.85	2297.85	2334.95	2334.95	2341.14	2341.14
Densidad Húmeda	1.917	1.998	1.823	1.929	1.734	1.869
Densidad Seca	1.708	1.729	1.625	1.636	1.546	1.541
Den. Seca Prom.	1.719		1.630		1.544	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M4-1	M2-1	M2-2	M4-2	M3-1	M3-2	M5-1
P. Hum. + Recipiente	153.3	153	148.6	159.6	159.7	159.8	157.8	156.8	203.7
P. Seco + Recipiente	140.1	139	132.8	145.4	145.9	140.2	144	143.2	173.4
Peso Recipiente	31	30.8	31.1	30.5	31.1	30.9	30.8	30.9	31.2
Peso Agua	13.2	13.4	15.8	14.2	13.8	19.6	13.8	13.6	30.3
Peso Seco	109.1	108	101.7	114.9	114.8	109.3	113.2	112.3	142.2
Contenido Humedad %	12.10	12.36	15.54	12.36	12.02	17.93	12.19	12.11	21.31
Con. Hum. Prom. %	12.23		15.54	12.19		17.93	12.15		21.31
Agua Absorbida %	3.31			5.74			9.16		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R.



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: ASTM D 1883-99

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Abscisa: Km 3+300

Fecha: 25/03/2015

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

Molde Número			A				B				C						
Fecha	Tiempo		Lect. Dial (plg)	h		Esponj		Lect. Dial (plg)	h		Esponj		Lect. Dial (plg)	h		Esponj	
Día y Mes	Hora	Días		Mues plg.	plg *10-2	%	Mues plg.		plg *10-2	%	Mues plg.	plg *10-2		%			
18-mar-15	14:11	0	0.552	4.97	0.00	0	0.493	5.02	0.00	0	0.179	5.11	0.00	0			
19-mar-15	14:28	1	0.554		0.28	0.06	0.495		0.28	0.05	0.182		0.24	0.05			
20-mar-15	14:15	2	0.555		0.31	0.06	0.496		0.35	0.07	0.182		0.31	0.06			

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

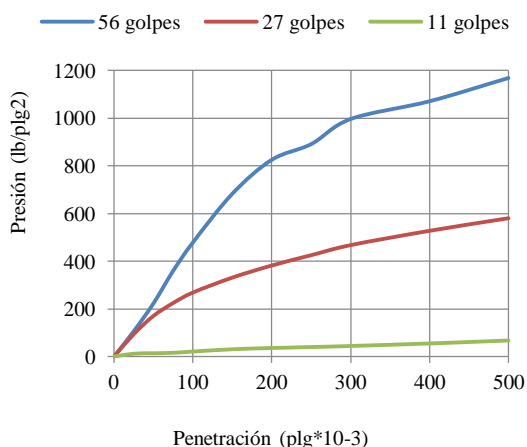
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)

Área del pistón = 3 plg2

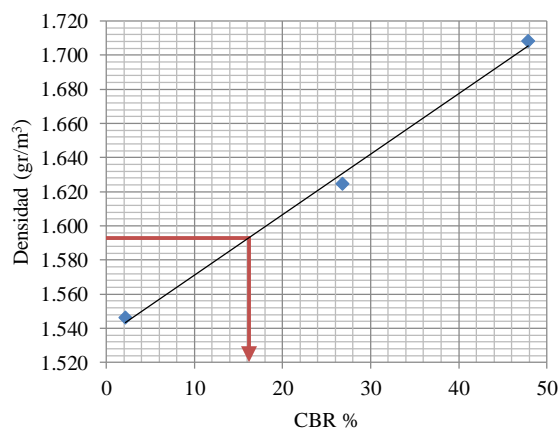
Velocidad de carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)

Molde Número			A				B				C			
Tiempo		Penet.	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	"10-3		Leída	Corg			Leída	Corg			Leída	Corg	
		lb	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
		0	0	0.0		0	0.0			0	0.0			
0	30	25	318	106.0		281	93.7			36.4	12.1			
1	0	50	669	223.0		511	170.3			42.3	14.1			
1	30	75	1080	360.0		673	224.3			47.9	16.0			
2	0	100	1437	479.0	47.9	805	268.3	268.3	26.8	64.5	21.5	21.5	2.2	
3	0	150	2051	683.7		993	331.0			93.9	31.3			
4	0	200	2479	826.3		1145	381.8			110	36.7			
5	0	250	2677	892.3		1275	425.0			122.3	40.8			
6	0	300	2993.1	997.7		1402	467.3			136	45.3			
8	0	400	3217	1072.3		1582	527.3			168.8	56.3			
10	0	500	3509.7	1169.9		1740	580.1			207	69.0			
CBR Corregido														2.2

PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



DENSIDADES vs. CBR



DENSIDADES	RESISTENCIAS
1.708 gr/cm ³	47.9 %
1.625 gr/cm ³	26.8 %
1.546 gr/cm ³	2.2 %

DENSIDAD MAX	1.677	gr/cm ³
95% DE DM	1.593	gr/cm ³
CBR PUNTUAL	16.20	%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GRANULOMETRÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Abscisa: Km 4+300

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

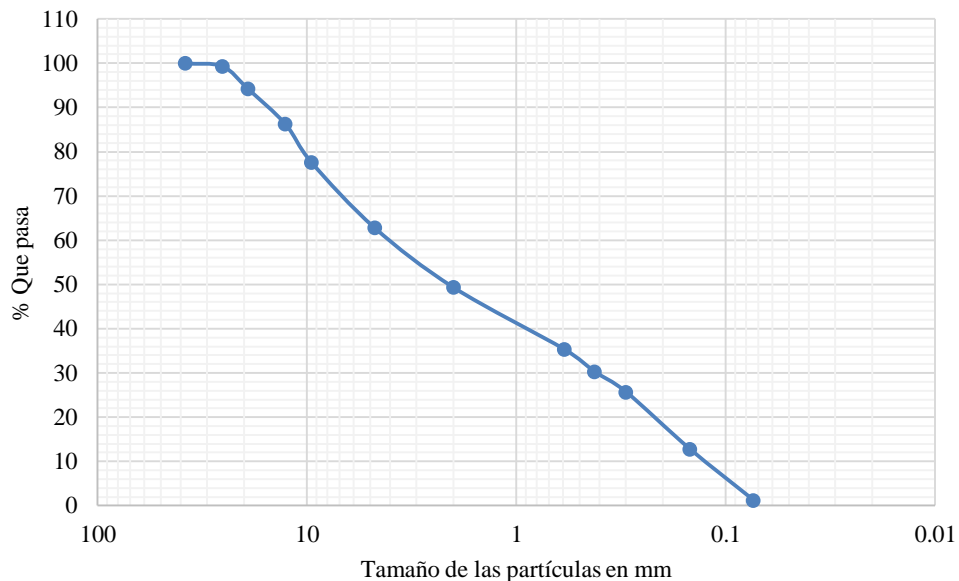
Fecha: 06/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

TAMIZ	TAMIZ EN mm	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.3	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	32.2	0.64	99.36
3/4"	19.1	290.6	5.81	94.19
1/2"	12.7	686.3	13.73	86.27
3/8"	9.52	1120.4	22.41	77.59
N 4"	4.76	1858.9	37.18	62.82
PASA N 4		3141.1	62.82	
N 10	2	96.8	13.48	49.34
N 30	0.59	197.4	27.49	35.33
N 40	0.425	233.2	32.48	30.35
N 50	0.3	266.4	37.10	25.72
N 100	0.149	358.9	49.98	12.84
N 200	0.074	441.95	61.55	1.27
PASA EL N 200		9.15	1.27	
TOTAL		5000	Clasificación SUCS: Grava arenosa bien graduada (GW – SW) Índice plástico (Ip): No plástico (NP)	
PESO ANTES DE LAVADO		500		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		451.1		
TOTAL - DIFERENCIA		48.9		

CURVA GRANULOMÉTRICA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: AASHTO T-180

Método: PROCTOR MODIFICADO

Abscisa: Km 4+300

Fecha: 13/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

Número de golpes:	56	Número de capas:	5	Peso martillo:	10	lbs	
Altura de caída:	18"	Peso del molde:	14203	gr	Volumen molde cc:	2297.85	cm ³

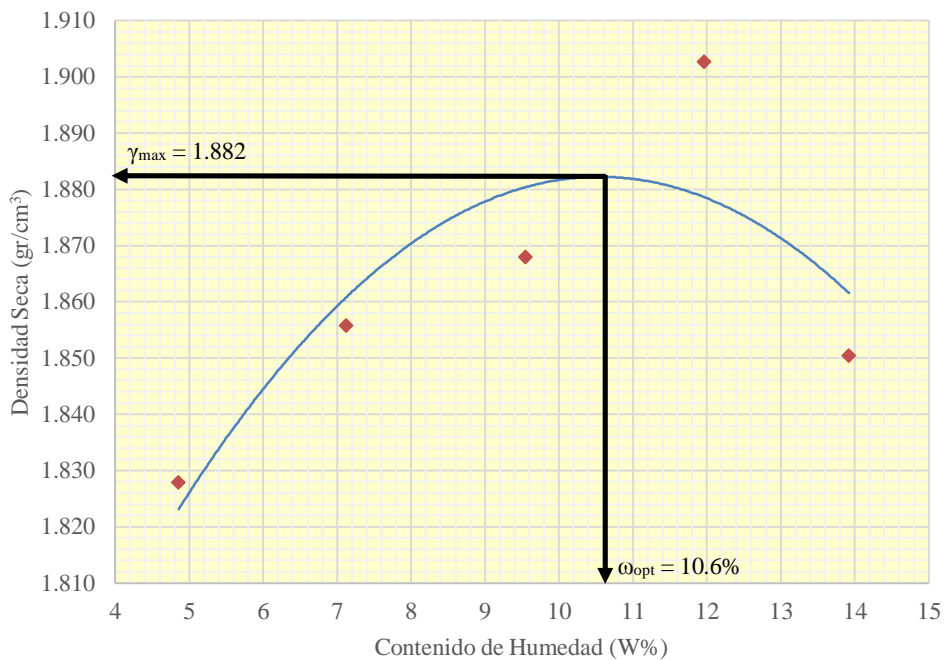
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra	A	B	C	D	E
Peso inicial de muestra desecada	6000	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida en %	2	4	6	8	10
Humedad inicial añadida en (cc)	120	240	360	480	600
P molde + Suelo húmedo	18607	18771	18905	19098	19047
Peso suelo húmedo	4404	4568	4702	4895	4844
Densidad húmeda en gr/cm ³	1.917	1.988	2.046	2.130	2.108

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1	M4-2	M5-1	M5-2
Peso húmedo + recipiente (Wm+Wr)	168.8	166.8	168.4	162.3	170.1	149.4	161.8	155.8	200.3	206.8
Peso seco + recipiente (Ws+Wr)	162.4	160.5	159.3	153.5	158	139	147.8	142.5	179.6	185.4
Peso del recipiente (Wr)	30.8	30.6	30.5	31.1	30.6	30.6	31.2	30.9	31.5	31.1
Peso del agua (Ww)	6.4	6.3	9.1	8.8	12.1	10.4	14	13.3	20.7	21.4
Peso suelo seco (Ws)	131.6	129.9	128.8	122.4	127.4	108.4	116.6	111.6	148.1	154.3
Contenido de humedad (W%)	4.86	4.85	7.07	7.19	9.50	9.59	12.01	11.92	13.98	13.87
Contenido de humedad prom (W%)	4.86		7.13		9.55		11.96		13.92	
Densidad seca en gr/cm ³	1.828		1.856		1.868		1.903		1.850	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



γ máxima = 1.882 gr/cm³

W óptima = 10.6%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Abscisa: Km 4+300

Norma: ASTM D 1883-99

Fecha: 27/03/2015

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MOLDE	A		B		C	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes por capa	56		27		11	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
P. Hum. + Molde	11775	11910	11480	11667	12997	13205
Peso Molde	7008	7008	6776	6776	8411	8411
P. Húmedo	4767	4902	4704	4891	4586	4794
Volumen Muestra	2297.85	2297.85	2334.95	2334.95	2341.14	2341.14
Densidad Húmeda	2.075	2.133	2.015	2.095	1.959	2.048
Densidad Seca	1.876	1.904	1.821	1.845	1.771	1.786
Den. Seca Prom.	1.890		1.833		1.779	

2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	M1-1	M1-2	M4-1	M2-1	M2-2	M4-2	M3-1	M3-2	M5-1
P. Hum. + Recipiente	143.8	140.8	132.5	131.1	146.2	140.7	141.6	136.4	154.9
P. Seco + Recipiente	133	130.3	121.6	121.5	135.1	127.6	131.1	126.2	139
Peso Recipiente	31	30.8	31	30.5	31.1	30.8	30.8	30.8	30.5
Peso Agua	10.8	10.5	10.9	9.6	11.1	13.1	10.5	10.2	15.9
Peso Seco	102	99.5	90.6	91	104	96.8	100.3	95.4	108.5
Contenido Humedad %	10.59	10.55	12.03	10.55	10.67	13.53	10.47	10.69	14.65
Con. Hum. Prom. %	10.57		12.03	10.61		13.53	10.58		14.65
Agua Absorbida %	1.46			2.92			4.07		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE C.B.R.



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.

Sector: Potreropamba, La Clementina y Salate.

Ubicación: Cantón San Pedro de Pelileo.

Norma: ASTM D 1883-99

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.

Abscisa: Km 4+300

Fecha: 27/03/2015

Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida.

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

Molde Número			A				B				C						
Fecha	Tiempo		Lect. Dial (plg)	h		Esponj		Lect. Dial (plg)	h		Esponj		Lect. Dial (plg)	h		Esponj	
Día y Mes	Hora	Días		Mues plg.	plg *10-2	%	Mues plg.		plg *10-2	%	Mues plg.	plg *10-2		%	Mues plg.	plg *10-2	%
16-mar-15	14:15	0	0.553	4.97	0.00	0	0.571	5.02	0.00	0	0.178	5.11	0.00	0			
17-mar-15	14:10	1	0.554		0.12	0.02	0.572		0.12	0.02	0.179		0.12	0.02			
18-mar-15	14:35	2	0.555		0.22	0.04	0.574		0.24	0.05	0.180		0.24	0.05			

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

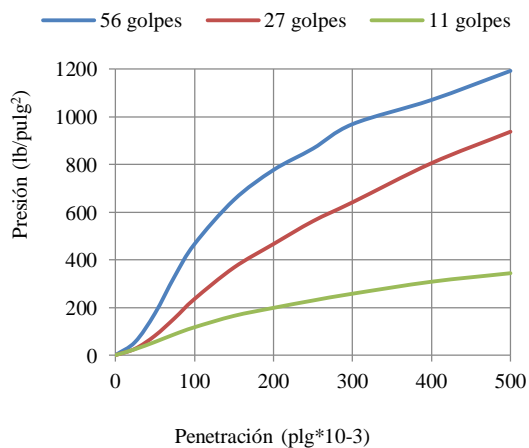
Máquina de Compresión Simple
(CONTROLS)

Área del pistón = 3 plg2

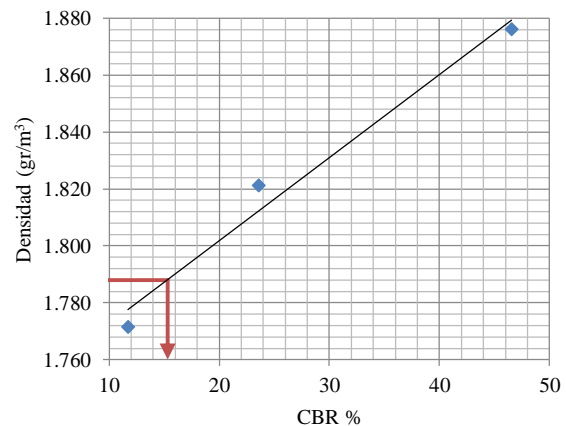
Velocidad de carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)

Molde Número			A				B				C			
Tiempo		Penet.	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	"10-3		Leída	Corg			Leída	Corg			Leída	Corg	
		lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%			
		0	0	0.0		0	0.0		0	0.0				
0	30	25	166	55.3		80.5	26.8		75.5	25.2				
1	0	50	524.3	174.8		244.5	81.5		166.5	55.5				
1	30	75	992	330.7		466	155.3		264	88.0				
2	0	100	1397	465.6	46.6	706.5	235.5	23.6	352	117.3	11.7			
3	0	150	1955	651.6		1103	367.7		495.5	165.2				
4	0	200	2331	777.0		1399	466.3		596.6	198.9				
5	0	250	2601	866.9		1687	562.4		689.7	229.9				
6	0	300	2908	969.5		1925	641.6		775.5	258.5				
8	0	400	3213	1071.1		2417	805.8		926.6	308.9				
10	0	500	3580	1193.2		2814	938.1		1034	344.8				
CBR Corregido					46.6			23.6			11.7			

PRESIÓN vs. PENETRACIÓN



DENSIDADES vs. CBR



DENSIDADES	RESISTENCIAS
1.876 gr/cm³	46.6 %
1.821 gr/cm³	23.6 %
1.771 gr/cm³	11.7 %

DENSIDAD MAX	1.882	gr/cm³
95% DE DM	1.788	gr/cm³
CBR PUNTUAL	15.30	%

ANEXO D: Fotografías



Reconocimiento del lugar y sociabilización con la comunidad.



Producción maderera y agrícola de la zona.



Condiciones de la vía en la comunidad de Potreropamba.



Senderos donde se necesita aperturar la vía en la comunidad La Clementina.



Condiciones de la vía en la comunidad de Salate.



Toma de muestras para ensayos.



Ensayos de laboratorio (Granulometría, límites de consistencia, compactación, CBR).



Levantamiento topográfico.

ANEXO E: Valores para diseño según el MOP



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 – 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾							
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA				
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽²⁾		
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25		
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110		
Peralte	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)													
Coeficiente "K" para: ⁽²⁾																																
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2		
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3		
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																															
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 ⁽⁵⁾							
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B., Capa Gramular o Empedrado						Capa Gramular o Empedrado							
Ancho de espaldones ⁽⁶⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						—							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 3E)						4,0							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 3E)						—							
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																															
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																															
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																															
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																															

- 1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- 2) Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- 3) En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- 4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- 5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- 6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- 7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsese dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- 9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

ANEXO F: Formato del levantamiento topográfico

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>								
DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO									
<p>Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.</p>									
<p>Ubicación: Sector Potreropamba – La Clementina – Salate del Cantón San Pedro de Pelileo</p>									
<p>Longitud: Km 5+313.77</p>									
<p>Fecha: 21/02/2015</p>									
<p>Realizado por: Egda. Nancy Sánchez.</p>									
<p>Aprobado por: Ing. Vinicio Almeida</p>									
N°	NORTE	ESTE	COTA	Descripción	N°	NORTE	ESTE	COTA	Descripción
1	9856864.979	775476.5	2361.4	STA1	46	9857084.513	775391.64	2362.088	V
2	9856869.946	775474.69	2361.116	STA2	47	9857097.305	775388.19	2361.826	V
3	9856868.6	775466.1	2361.149	CA	48	9857099.518	775394.59	2361.872	V
4	9856876.616	775469.36	2360.451	V	49	9857108.622	775392.73	2361.404	V
5	9856881.404	775466.62	2360.835	V	50	9857107.093	775385.19	2361.632	CA
6	9856877.634	775460.64	2361.01	V	51	9857118.994	775390.18	2360.971	CRUCE
7	9856891.343	775456.95	2361.102	V	52	9857117.824	775393.57	2361.018	CRUCE
8	9856893.263	775460.93	2361.271	V	53	9857130.934	775398.29	2360.452	V
9	9856905.978	775453.93	2361.514	V	54	9857132.451	775394.37	2360.321	V
10	9856903.952	775450.72	2361.246	V	55	9857147.249	775399.02	2360.007	V
11	9856916.563	775443.9	2361.418	CRUCE	56	9857146.731	775402.63	2359.884	V
12	9856918.723	775447.77	2361.681	CRUCE	57	9857158.921	775405.07	2359.728	V
13	9856933.045	775441.39	2361.501	V	58	9857160.868	775402.06	2359.577	V
14	9856931.029	775436.96	2361.447	V	59	9857170.079	775405.57	2359.418	CRUCE
15	9856944.63	775431.98	2361.514	V	60	9857167.242	775409.53	2359.042	CRUCE
16	9856946.079	775436.66	2361.519	V	61	9857180.885	775414.53	2358.509	V
17	9856960.09	775433.29	2361.605	V	62	9857182.711	775411.35	2358.449	CA
18	9856959.346	775427.69	2361.738	V	63	9857194.005	775413.71	2358.029	V
19	9856953.938	775434.64	2361.569	STA1	64	9857193.447	775418.37	2358.005	V
20	9856960.445	775432.3	2361.615	STA2	65	9857099.66	775383.07	2371.833	T
21	9856966.781	775425.69	2361.699	V	66	9857064.598	775393.16	2372.852	T
22	9856969.715	775431.8	2361.569	V	67	9857061.138	775395.33	2372.453	T
23	9856983.501	775424.65	2361.936	V	68	9857202.77	775419.33	2357.747	V
24	9856980.592	775419.88	2361.799	V	69	9857207.345	775415.56	2357.819	V
25	9856993.03	775414.94	2361.814	V	70	9857220.864	775417.96	2357.233	V
26	9856995.416	775420.91	2361.716	V	71	9857220.717	775422.01	2357.238	V
27	9857009.547	775416.74	2361.817	V	72	9857235.979	775424.69	2356.709	V
28	9857009.282	775411.03	2361.951	V	73	9857236.202	775420.61	2356.887	V
29	9857022.792	775408.92	2362.036	V	74	9857251.574	775424.9	2356.091	V
30	9857023.957	775415.77	2361.877	V	75	9857250.07	775429.1	2356.025	V
31	9857032.817	775409.06	2362.078	V	76	9857266.199	775435.88	2355.338	CRUCE
32	9857041.901	775408.52	2362.101	V	77	9857265.307	775431.04	2355.558	CRUCE
33	9857044.29	775416.74	2361.926	V	78	9857279.738	775437.65	2354.867	V
34	9857057.849	775413.68	2362.151	V	79	9857308.587	775448.33	2353.331	STA1
35	9857055.022	775405.89	2362.356	V	80	9857313.514	775448.2	2353.001	STA2
36	9857067.861	775399.78	2362.672	V	81	9857289.215	775442.4	2354.319	V
37	9857071.429	775407.61	2362.015	V	82	9857287.785	775447.85	2354.506	V
38	9857085.76	775400.68	2362.017	V	83	9857278.188	775441.59	2354.801	V
39	9857108.265	775390.31	2361.517	STA1	84	9857301.319	775449.1	2353.771	V
40	9857116.146	775388.94	2361.159	STA2	85	9857301.697	775444.7	2353.626	V
41	9857117.638	775383.46	2370.856	T	86	9857315.386	775442.99	2352.897	V
42	9857055.352	775397.7	2372.569	T	87	9857316.646	775447.99	2352.795	V
43	9857041.321	775404.11	2367.25	T	88	9857328.189	775447.13	2352.181	V
44	9857023.213	775404.97	2367.24	T	89	9857328.879	775442.81	2352.223	V
45	9856945.177	775428.28	2368.282	T	90	9857342.929	775453.68	2351.562	V

NOTA: El total de puntos obtenidos del levantamiento topográfico fueron 3369.

ANEXO G: Inventario vial



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
INVENTARIO VÍAL
ESTADO ACTUAL DE LA VÍA



Proyecto: Las condiciones de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate perteneciente al Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

Ubicación: Parroquias Chiquicha – Pelileo

Longitud: Km 5+216

Realizado por: Egda. Nancy Sánchez

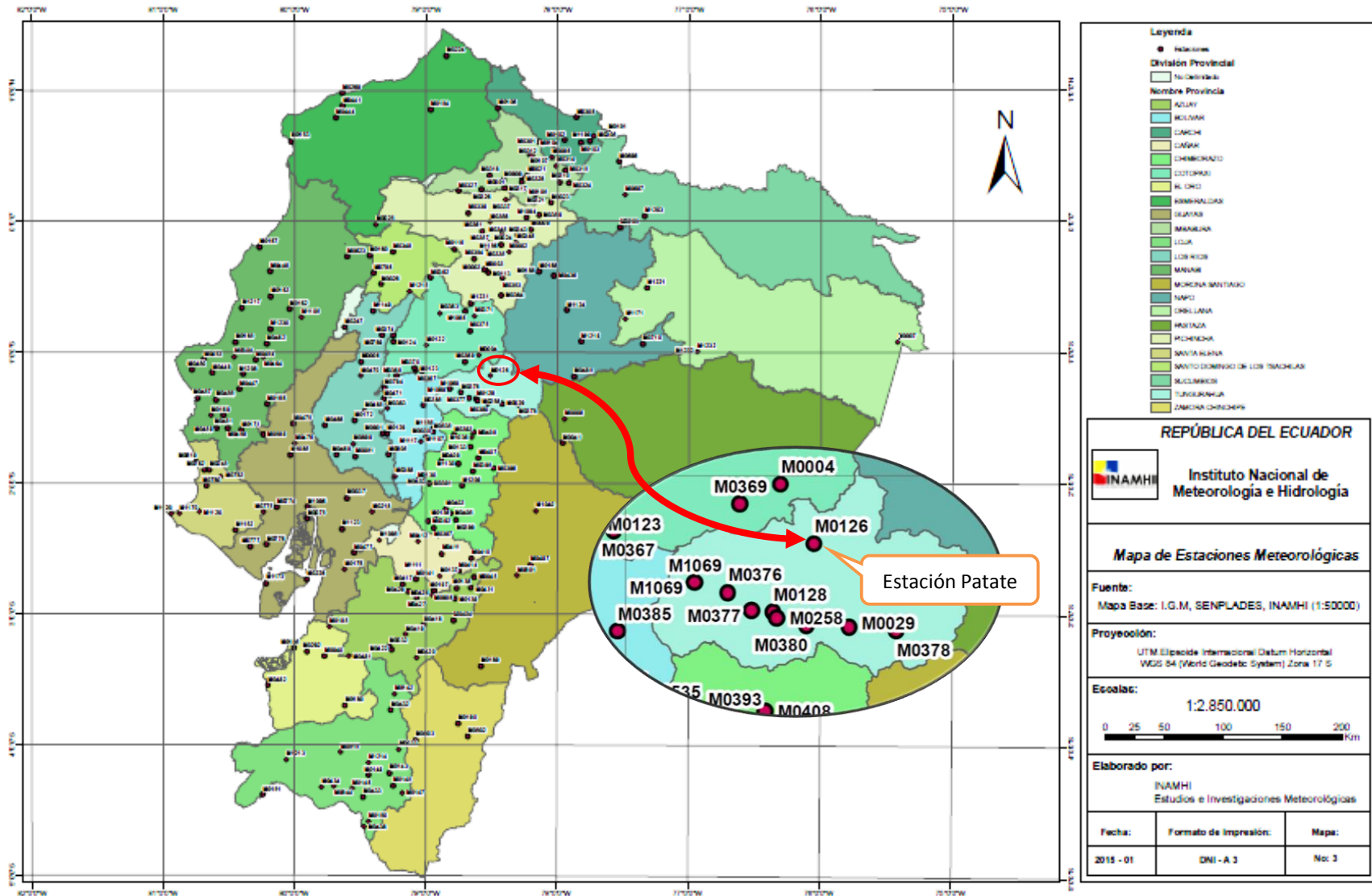
Fecha: 18/11/2014.

Abscisa	Cota	Pendiente i (%)	Ancho de calzada (m)	Superficie de rodadura	Observaciones
K 0+000	2330	-	5	Lastrado	Inicio del proyecto
K 0+050	2330	0.5 %	5	Lastrado	
K 0+100	2331	2 %	5	Lastrado	
K 0+150	2336	10 %	4.8	Lastrado	
K 0+200	2338	4 %	6.5	Lastrado	
K 0+224.50	2335	-12 %	4.8	Lastrado	Alcantarilla H°A 4.80*3.50
K 0+250	2335	0.5 %	5	Lastrado	
K 0+300	2337	4 %	4	Lastrado	
K 0+350	2340	6 %	4.8	Lastrado	
K 0+400	2341	2 %	4.7	Lastrado	
K 0+450	2347	12 %	4	Lastrado	
K 0+500	2352	10 %	4.6	Lastrado	
K 0+550	2360	16 %	4	Lastrado	
K 0+600	2361	2 %	4.7	Lastrado	
K 0+638	2359	-5 %	3.6	Lastrado	Quebrada SN
K 0+650	2358	-8 %	5.5	Lastrado	
K 0+700	2351	-14 %	5	Lastrado	
K 0+750	2343	-16 %	4.7	Lastrado	
K 0+800	2334	-18 %	4	Lastrado	
K 0+850	2327	-14 %	4	Lastrado	
K 0+900	2323	-8 %	6.8	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 0+950	2322	-2 %	5.3	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+000	2323	2 %	4.2	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+050	2325	4 %	3.8	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+100	2322	-6 %	3.8	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+150	2323	2 %	4	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+200	2321	-4 %	4.2	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+250	2320	-2 %	4	Lastrado	Canal revestido de H°S L.D. 60*60
K 1+300	2321	2 %	3.8	Lastrado	Es necesario hacer un muro
K 1+350	2320	-2 %	6	Lastrado	Canal H°S L.D. 60*60
K 1+400	2319	-2 %	4.5	Lastrado	Canal H°S L.D. 60*60
K 1+450	2317	-4 %	4	Lastrado	Canal H°S L.D. 60*60
K 1+500	2318	2 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 1+600	2319	1 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 1+700	2310	-9 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 1+800	2312	2 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.

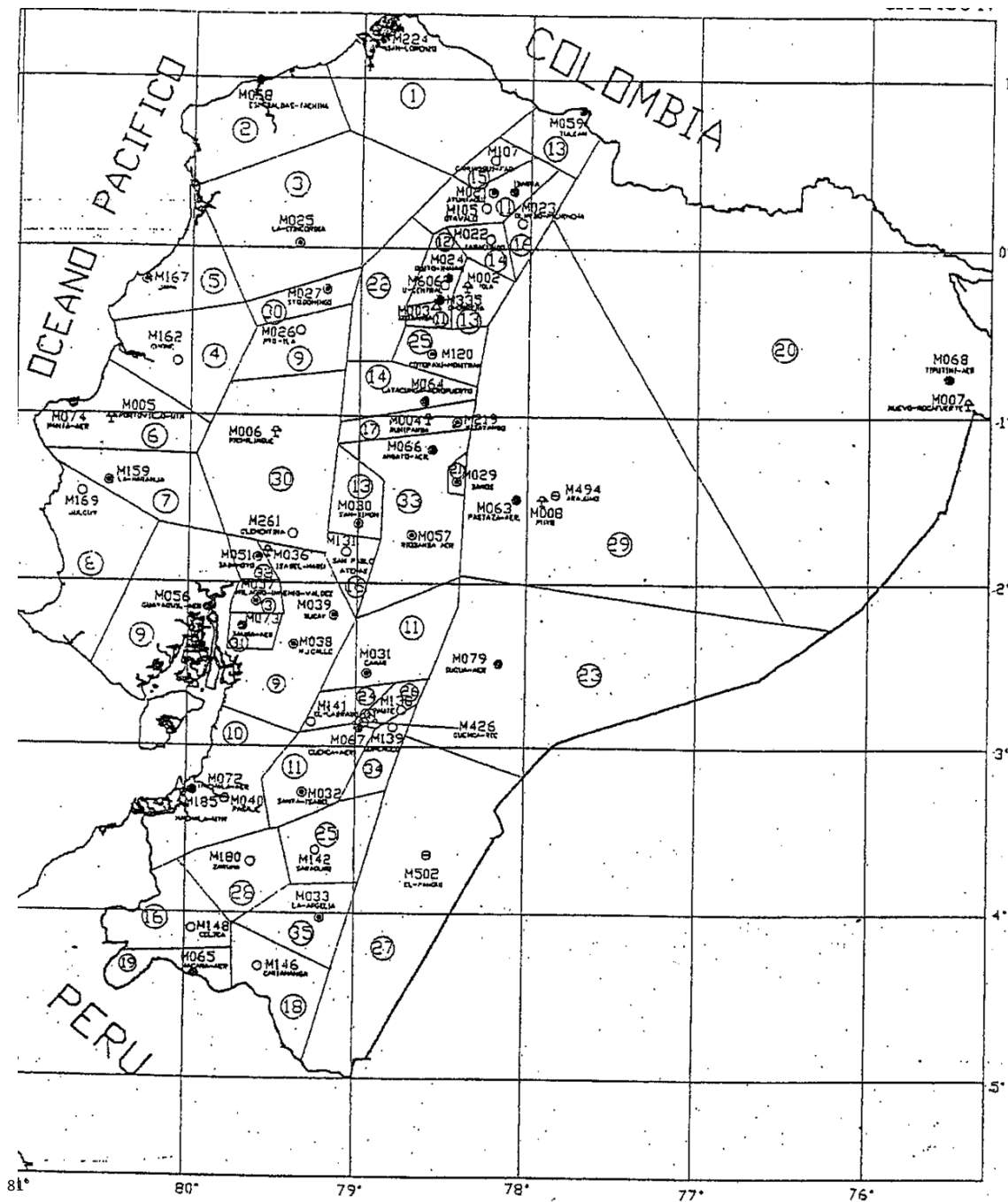
K 1+900	2310	-2 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+000	2310	0.5 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+100	2306	-4 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+200	2309	3 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+300	2306	-3 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+400	2303	-3 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+500	2309	6 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+600	2309	0.5 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+700	2311	2 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+800	2308	-3 %	Sendero	-	Presencia de canal sin revestir y vegetación.
K 2+900	2307	-1 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+000	2312	5 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+100	2317	5 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+165	2314	-5 %	Sendero	-	Quebrada SN y alcantarilla de piedra.
K 3+200	2320	17 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+300	2318	-2 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+400	2316	-2 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+500	2315	-1 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+600	2316	1 %	Sendero	-	Presencia de vegetación
K 3+693	2316	0.5 %	Sendero	-	Quebrada SN
K 3+700	2317	14 %	Sendero	-	Canal revestido de HºS 40*30
K 3+800	2328	11 %	Sendero	-	Canal revestido de HºS 40*30
K 3+900	2333	5 %	7	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 3+950	2331	-4 %	12.5	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 4+000	2334	6 %	5.5	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+050	2334	0.5 %	7	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+100	2340	12 %	5	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+115	2342	13 %	4.8	Lastrado	Quebrada SN
K 4+150	2336	-17 %	3.8	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+200	2327	-18 %	4	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+250	2327	0.5 %	3	Lastrado	Cruce de canal 30*30
K 4+300	2335	16 %	4	Lastrado	Canal revestido HºS L.D. 30*30
K 4+350	2338	6 %	5	Lastrado	Canal revestido HºS L.D. 30*30
K 4+400	2339	2 %	5	Lastrado	Presencia de kikuyo en la vía.
K 4+450	2340	2 %	5	Lastrado	
K 4+500	2342	4 %	4	Lastrado	
K 4+550	2342	0.5 %	5	Lastrado	
K 4+600	2344	4 %	4.8	Lastrado	
K 4+650	2344	0.5 %	5	Lastrado	
K 4+700	2343	-2 %	6	Lastrado	
K 4+750	2341	-4 %	6	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 30*30
K 4+800	2343	4 %	5	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 30*30
K 4+850	2347	8 %	4	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 30*30
K 4+900	2345	-4 %	4.5	Lastrado	Cruce de canal de agua
K 4+950	2348	6 %	3.8	Lastrado	
K 5+000	2351	6 %	9	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 5+050	2351	0.5 %	7	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 5+100	2349	-4 %	6	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 5+150	2351	4 %	5	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 5+200	2351	0.5 %	6	Lastrado	Canal revestido de HºS L.D. 40*30
K 5+216	2351	0.5 %	6	Lastrado	Fin del proyecto

NOTA: El inventario vial se lo realizó en sentido contrario al abscisado de los planos, es decir, se inició en la comunidad de Potreropamba y se culminó en Salate.

ANEXO H: Mapas de Estaciones Meteorológicas y Zonificación de Intensidades de Precipitaciones del Ecuador



MAPA DE ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN DEL ECUADOR





SIMBOLOGÍA

- △ EST. AGROMET. PRINCIPAL
- ⊙ EST. CLIMAT. PRINCIPAL
- EST. CLIMAT. ORDINARIA
- EST. PLUVIOGRÁFICA
- ⊖ EST. PLUVIOMÉTRICA

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. 1999.

ANEXO I: Volúmenes de corte y relleno

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO 						
Proyecto: Estudio y diseño de la vía Potreropamba – La Clementina – Salate.						
Ubicación: Parroquias Chiquicha – Pelileo						
Longitud: Km 5+313.77						
Realizado por: Egda. Nancy Sánchez				Fecha: 02/07/2015		
Abscisa	Área Corte m ²	Volumen Corte m ³	Área Relleno m ²	Volumen Relleno m ³	Volumen Corte Acumulado m ³	Volumen Relleno Acumulado m ³
0+000	6.06	0	0	0	0	0
0+020	1.74	77.96	1.39	13.88	77.96	13.88
0+040	12.58	143.16	0.2	15.92	221.12	29.8
0+060	8.55	213.04	0.02	2.19	434.16	32
0+080	4.1	127.96	0.57	5.8	562.12	37.79
0+100	7.49	117.05	0.03	5.97	679.17	43.76
0+120	2.11	95.99	0.33	3.59	775.16	47.35
0+140	0.02	21.27	5.15	54.79	796.43	102.14
0+160	0.24	2.64	0.82	59.78	799.07	161.92
0+180	17.36	176.01	0	8.26	975.08	170.18
0+200	49.3	666.55	0	0.01	1641.63	170.19
0+220	20.08	693.79	0	0	2335.42	170.19
0+240	7.72	279.52	0	0	2614.94	170.19
0+260	3.44	113.74	0.04	0.42	2728.68	170.61
0+280	20.5	248.57	0.58	6.02	2977.25	176.63
0+300	9.17	298.04	1.38	19.53	3275.29	196.16
0+320	5.46	146.21	2.73	41.13	3421.5	237.29
0+340	12.47	177.48	3.9	66.84	3598.98	304.13
0+360	3.58	158.32	4.64	86.46	3757.29	390.6
0+380	1.54	51.21	4.39	90.31	3808.5	480.91
0+400	3.62	51.55	1.58	59.67	3860.05	540.58
0+420	32.09	357.03	0	15.8	4217.08	556.38
0+440	92.14	1242.29	0	0	5459.38	556.38
0+460	64.19	1563.35	0	0	7022.73	556.38
0+480	5.42	700.32	1.6	15.89	7723.05	572.27
0+500	31.79	375.95	0.12	17.08	8099	589.34
0+520	86.26	1180.53	0	1.24	9279.54	590.58
0+540	71.68	1579.42	0	0	10858.96	590.58
0+560	40.8	1146.62	0	0	12005.57	590.58
0+580	57.97	998.14	0	0	13003.71	590.58
0+600	38.5	964.71	0	0	13968.43	590.58
0+620	10.84	491.37	1.42	14.26	14459.8	604.84
0+640	3.7	142.68	5.03	66.18	14602.48	671.01

0+660	1.63	53.28	6.32	113.44	14655.77	784.45
0+680	1.46	31.06	5.89	121.67	14686.83	906.12
0+700	11.22	127.91	1.57	74.03	14814.74	980.15
0+720	19.69	309.12	0.1	16.75	15123.86	996.9
0+740	14.85	345.44	0	1.01	15469.3	997.91
0+760	17.41	322.6	0	0.08	15791.91	997.99
0+780	9.93	273.39	0.83	8.35	16065.3	1006.34
0+800	0	101.45	10.48	112.16	16166.75	1118.49
0+820	30.69	309.03	2.61	130.5	16475.78	1248.99
0+840	34.27	649.62	1.78	43.89	17125.4	1292.88
0+860	0	355.35	11.49	130.61	17480.75	1423.49
0+880	17.61	180.67	0.79	121.68	17661.42	1545.17
0+900	3.08	198.38	9.49	110.24	17859.8	1655.41
0+920	0.7	36.12	20.28	318.67	17895.92	1974.08
0+940	0.88	15.62	9.04	297.92	17911.54	2272
0+960	2.27	31.49	23.23	322.63	17943.03	2594.63
0+980	14.26	163.75	0.24	244.43	18106.78	2839.06
1+000	28.87	426.16	0	2.56	18532.94	2841.62
1+020	50.47	791.38	0	0	19324.32	2841.62
1+040	34.93	854.07	0	0	20178.39	2841.62
1+060	22.15	570.88	0	0	20749.26	2841.62
1+080	22.61	447.6	0.65	6.5	21196.86	2848.12
1+100	0	241.45	37.79	363.12	21438.31	3211.24
1+120	35.18	373.36	0.51	355.36	21811.67	3566.6
1+140	32.03	699.12	0	4.61	22510.8	3571.21
1+160	25.64	576.7	0	0	23087.5	3571.21
1+180	26.35	519.99	0	0	23607.49	3571.21
1+200	27.19	535.45	0	0	24142.94	3571.21
1+220	11.12	377.28	0	0	24520.22	3571.21
1+240	19.65	297.79	2.8	29.1	24818.01	3600.31
1+260	13.75	323.06	2.54	55.65	25141.07	3655.96
1+280	8.11	211.29	3.87	66.57	25352.37	3722.53
1+300	0.62	83.93	8.22	123.6	25436.3	3846.13
1+320	0	5.93	41.53	523	25442.23	4369.13
1+340	0	0	40.34	870.19	25442.23	5239.32
1+360	7.39	75.11	5.38	439.58	25517.34	5678.9
1+380	12.4	205.76	0	46.5	25723.1	5725.4
1+400	15.5	282.05	0	0.05	26005.15	5725.45
1+420	22.93	384.31	0	0	26389.47	5725.45
1+440	64.02	869.52	0	0	27258.99	5725.45
1+460	29.96	939.79	0	0	28198.78	5725.45
1+480	4.33	342.83	0.28	2.83	28541.61	5728.29
1+500	0	43.65	23.84	240.17	28585.26	5968.45
1+520	0	0	53.53	769.32	28585.26	6737.77
1+540	23.19	233.58	0.69	538.79	28818.84	7276.57
1+560	74.81	982.77	0	6.89	29801.62	7283.46
1+580	20.17	949.79	0	0	30751.41	7283.46
1+600	2.29	224.63	8.19	81.86	30976.04	7365.32
1+620	3.7	59.96	15.72	239.03	31035.99	7604.34
1+640	4.51	82.11	6.17	218.89	31118.11	7823.23
1+660	9.09	135.49	0	62.9	31253.6	7886.13

1+680	15.26	243.3	0	0	31496.89	7886.13
1+700	3.75	189.4	14.28	146.47	31686.29	8032.61
1+720	1.1	48.33	7.22	216.53	31734.62	8249.14
1+740	7.46	85.67	3.55	107.73	31820.29	8356.87
1+760	6.33	137.93	7.3	108.52	31958.23	8465.4
1+780	5.85	121.81	6.45	137.53	32080.04	8602.93
1+800	5.53	113.82	12.24	186.96	32193.85	8789.88
1+820	21.32	273.2	0.5	122.38	32467.05	8912.27
1+840	5.63	277.85	0.86	12.87	32744.9	8925.13
1+860	19.48	253.16	0.07	9	32998.06	8934.14
1+880	6.26	257.4	1.02	10.82	33255.46	8944.96
1+900	3.14	94.03	0.08	10.96	33349.48	8955.91
1+920	1.19	43.04	9.94	102.16	33392.53	9058.07
1+940	1.39	24.36	3.54	149.48	33416.89	9207.55
1+960	2.24	34.75	6.07	99.98	33451.63	9307.54
1+980	2.18	44.21	2.71	87.77	33495.84	9395.31
2+000	4.42	65.98	0	27.05	33561.82	9422.36
2+020	28.6	333.37	0	0	33895.19	9422.36
2+040	0	294.57	26.25	251.42	34189.76	9673.77
2+060	26.1	272.61	0	251.69	34462.37	9925.47
2+080	25.92	520.21	0	0	34982.58	9925.47
2+100	16.74	426.62	0	0	35409.2	9925.47
2+120	7.61	237.3	5.79	60.7	35646.5	9986.17
2+140	8.47	155.24	7.14	136.56	35801.74	10122.72
2+160	21.68	301.46	0.26	73.99	36103.2	10196.72
2+180	8.38	300.6	0.48	7.35	36403.8	10204.06
2+200	14.26	226.4	0.48	9.56	36630.2	10213.62
2+220	10.27	245.24	1.68	21.54	36875.44	10235.16
2+240	3.7	139.64	17.5	191.74	37015.08	10426.9
2+260	0	36.99	33.05	505.44	37052.07	10932.34
2+280	1.31	13.06	21.35	544.02	37065.13	11476.36
2+300	12.72	140.25	2.76	241.1	37205.38	11717.46
2+320	27.04	397.55	0	27.56	37602.92	11745.02
2+340	12.85	395.07	8.26	84.34	37997.99	11829.37
2+360	11.92	244.49	4.14	126.54	38242.48	11955.9
2+380	5.95	176.3	19.21	239.55	38418.78	12195.46
2+400	3.64	94.44	21.19	414.7	38513.22	12610.16
2+420	6.33	99.04	12.14	337.06	38612.27	12947.22
2+440	33.23	395.65	0	121.36	39007.92	13068.57
2+460	19.58	528.1	1.69	16.91	39536.02	13085.48
2+480	7.24	268.23	6.19	78.85	39804.24	13164.33
2+500	9.31	165.51	8.85	150.47	39969.76	13314.8
2+520	18.43	277.35	1.68	105.29	40247.11	13420.1
2+540	15.05	334.82	3.78	54.53	40581.94	13474.63
2+560	5.3	205.64	8.28	118.82	40787.58	13593.45
2+580	39.43	452.49	0.84	89.56	41240.06	13683.01
2+600	43.74	836.42	0	8.3	42076.49	13691.31
2+620	41.48	852.25	0	0	42928.73	13691.31
2+640	32.13	736.14	0	0	43664.87	13691.31
2+660	9.52	416.53	5.07	50.67	44081.39	13741.98
2+680	0	95.23	28.49	335.59	44176.62	14077.57

2+700	0.86	8.6	25.23	537.23	44185.22	14614.8
2+720	6.32	69.47	8.76	359.04	44254.69	14973.84
2+740	27.69	335.9	0	93.59	44590.59	15067.44
2+760	46.72	736.78	0	0	45327.37	15067.44
2+780	65.37	1105.65	0	0	46433.02	15067.44
2+800	51.77	1154.55	0	0	47587.57	15067.44
2+820	17.76	695.26	0.11	1.1	48282.83	15068.54
2+840	1.31	190.7	22.14	222.46	48473.53	15291
2+860	0	13.14	36.58	587.13	48486.67	15878.12
2+880	20.77	207.74	0	365.77	48694.41	16243.89
2+900	61.77	827.64	0	0	49522.05	16243.89
2+920	47.7	1105.89	0	0	50627.94	16243.89
2+940	24.87	737.27	0.06	0.54	51365.21	16244.44
2+960	4.63	298.47	10.73	105.43	51663.68	16349.86
2+980	2.54	71.62	10.38	211.12	51735.3	16560.98
3+000	18.54	210.79	7.68	180.59	51946.09	16741.57
3+020	38.58	571.2	0.07	77.48	52517.3	16819.05
3+040	9.46	480.37	12.04	121.11	52997.66	16940.16
3+060	7.96	183.39	9.66	199.13	53181.05	17139.29
3+080	6.66	148	6.17	155.48	53329.05	17294.77
3+100	4.03	106.9	19.38	255.5	53435.95	17550.27
3+120	7.14	111.63	17.08	364.52	53547.58	17914.79
3+140	3.68	105.3	3.99	219.43	53652.87	18134.22
3+160	6.6	99.05	5.88	103.84	53751.92	18238.05
3+180	14.63	205.74	0.4	66.33	53957.66	18304.38
3+200	8.3	222.04	5.08	57.73	54179.7	18362.11
3+220	3.68	115.31	15.12	214.77	54295.01	18576.88
3+240	8.55	122.26	2.99	181.07	54417.27	18757.95
3+260	18.12	273.07	0.79	36.39	54690.34	18794.34
3+280	4.74	241.2	4.56	49.7	54931.54	18844.03
3+300	9.13	145.88	3.74	76.92	55077.42	18920.96
3+320	1.74	108.79	29.6	333.3	55186.21	19254.26
3+340	2.01	35	10.76	441.11	55221.21	19695.38
3+360	11.69	128.59	13.62	265.9	55349.8	19961.27
3+380	14.45	259.48	9.91	239.03	55609.29	20200.31
3+400	19.39	338.46	9.87	197.86	55947.75	20398.17
3+420	87.52	1069.15	0	98.74	57016.89	20496.91
3+440	219.5	3070.48	0	0	60087.38	20496.91
3+460	152.9	3724.48	0	0	63811.86	20496.91
3+480	92.65	2455.76	0	0	66267.62	20496.91
3+500	117.9	2116.69	0	0	68384.31	20496.91
3+520	0	1199.77	25.18	247.68	69584.08	20744.59
3+540	82.34	837.39	0	247.68	70421.46	20992.26
3+560	190.1	2748.97	0	0	73170.43	20992.26
3+580	53.55	2436.11	5.7	57.04	75606.54	21049.3
3+600	14.76	683.04	32.88	385.84	76289.58	21435.14
3+620	0	147.58	50.42	833.01	76437.15	22268.16
3+640	0	0	66.35	1167.69	76437.15	23435.85
3+660	9.87	98.67	4.44	707.89	76535.83	24143.74
3+680	15.41	252.75	3.66	81.05	76788.57	24224.79
3+700	35.16	505.7	0.65	43.16	77294.28	24267.95

3+720	18.81	524.72	7.74	87.41	77819	24355.36
3+740	5.25	233.02	10.59	188.83	78052.02	24544.18
3+760	4.38	96.28	4.28	148.66	78148.29	24692.84
3+780	5.03	94.14	0.53	48.09	78242.44	24740.93
3+800	8.15	131.89	0	5.33	78374.33	24746.26
3+820	7.4	155.59	0	0	78529.92	24746.26
3+840	0	74.83	29.24	286.36	78604.75	25032.62
3+860	5.21	52.47	0	284.31	78657.22	25316.93
3+880	104.2	1093.81	0	0	79751.03	25316.93
3+900	70.98	1751.5	0	0	81502.53	25316.93
3+920	13.83	848.16	3.16	31.62	82350.69	25348.55
3+940	0	138.02	7.67	108.45	82488.71	25457
3+960	0	0	9.86	176.37	82488.71	25633.37
3+980	0	0	6.84	166.98	82488.71	25800.35
4+000	7.87	78.72	5.77	126.15	82567.43	25926.51
4+020	8.67	165.45	5	107.7	82732.88	26034.21
4+040	6.47	151.49	6.66	116.59	82884.37	26150.8
4+060	5.21	116.8	7.91	145.76	83001.17	26296.56
4+080	10.45	156.6	5.17	130.83	83157.77	26427.38
4+100	13.88	243.35	0.02	51.93	83401.13	26479.31
4+120	12.61	266.17	0	0.23	83667.29	26479.54
4+140	10.44	231.15	0	0	83898.44	26479.54
4+160	4.47	149.12	0	0	84047.56	26479.54
4+180	0	44.68	2.86	28.6	84092.24	26508.14
4+200	0	0	4.52	73.8	84092.24	26581.94
4+220	0	0	4.29	88.09	84092.24	26670.03
4+240	0	0	5.44	97.32	84092.24	26767.35
4+260	0	0	7.35	127.89	84092.24	26895.25
4+280	0	0	5.56	129.09	84092.24	27024.33
4+300	1.52	15.16	1.53	70.92	84107.4	27095.25
4+320	24.09	257.77	0	16.95	84365.17	27112.2
4+340	67.66	955.61	0	0	85320.78	27112.2
4+360	0	697.49	0	0	86018.27	27112.2
4+380	102.9	1029.19	0	0	87047.46	27112.2
4+400	106	2089.56	0	0	89137.03	27112.2
4+420	95.97	2005.21	0	0	91142.23	27112.2
4+440	197.9	2887.35	0	0	94029.59	27112.2
4+460	298.9	5130.31	0	0	99159.89	27112.2
4+480	286.9	5858.08	0	0	105017.97	27112.2
4+500	272.3	5592.02	0	0	110609.99	27112.2
4+520	299.2	5714.43	0	0	116324.42	27112.2
4+540	121.5	4206.59	0	0	120531.01	27112.2
4+560	40.38	1630.46	0	0	122161.46	27112.2
4+580	52.64	936.57	0	0	123098.03	27112.2
4+600	61.94	1145.32	0	0	124243.35	27112.2
4+620	31.46	933.53	0	0	125176.88	27112.2
4+640	19.24	505.87	0	0	125682.75	27112.2
4+660	11.57	308.03	0	0	125990.77	27112.2
4+680	2.91	144.75	0.12	1.17	126135.53	27113.37
4+700	1.64	45.5	3.03	31.43	126181.03	27144.8
4+720	0	16.78	12.14	149.8	126197.81	27294.61

4+740	0	0	13.37	252.17	126197.81	27546.77
4+760	0	0	15.17	285.3	126197.81	27832.08
4+780	0	0.04	11.91	270.75	126197.86	28102.83
4+800	1.87	18.74	3.92	158.27	126216.6	28261.1
4+820	4.31	60.43	0.11	41.02	126277.03	28302.12
4+840	13.32	173.87	0.02	1.34	126450.9	28303.46
4+860	31.3	445.14	0	0.23	126896.03	28303.68
4+880	52.37	836.77	0	0	127732.8	28303.68
4+900	87.42	1397.91	0	0	129130.72	28303.68
4+920	8.46	962.41	0.32	3.15	130093.13	28306.84
4+940	52.57	613.39	0	3.04	130706.52	28309.88
4+960	91.12	1450.73	0	0	132157.25	28309.88
4+980	75.35	1669.48	0	0	133826.73	28309.88
5+000	35.88	1112.25	0	0	134938.97	28309.88
5+020	11.41	472.89	0.04	0.44	135411.86	28310.32
5+040	0.13	115.38	4	40.41	135527.24	28350.72
5+060	0	1.28	9.24	132.42	135528.52	28483.14
5+080	0	0	7.65	168.92	135528.52	28652.06
5+100	1.96	19.65	1.31	89.53	135548.16	28741.6
5+120	14.47	164.54	0	13.02	135712.71	28754.62
5+140	17.35	318.37	0	0	136031.08	28754.62
5+160	2.92	202.71	0.17	1.68	136233.79	28756.3
5+180	0	29.3	9.96	100.74	136263.09	28857.04
5+200	3.02	30.27	0.69	105.92	136293.35	28962.96
5+220	6.23	92.47	0	6.92	136385.82	28969.88
5+240	3.43	96.64	0	0	136482.46	28969.89
5+260	3.4	68.34	0	0.07	136550.8	28969.95
5+280	3.16	65.63	0	0.07	136616.43	28970.02
5+300	3.82	69.81	0.04	0.44	136686.25	28970.46
5+313.77	6.02	67.78	0	0.35	136754.02	28970.81

ANEXO J: Análisis de precios unitarios



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 1 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 1:

Desbroce, desbosque y limpieza

UNIDAD: Ha

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Excavadora sobre oruga	1.00	40.00	40.00	6.67	266.67
Motosierra 7HP	1.00	3.00	3.00	6.67	20.00
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				4.38
SUBTOTAL M					291.05

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	1.00	3.56	3.56	6.67	23.73
Ayudante de maquinaria ST D2	1.00	3.22	3.22	6.67	21.47
Peón EO E2	2.00	3.18	6.36	6.67	42.40
SUBTOTAL N					87.60

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	378.65
INDIRECTOS Y UTILIDADES 22.00%	83.30
OTROS ESPECÍFICOS %	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	461.95
VALOR PROPUESTO	461.95

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 2 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 2:

Replanteo y nivelación de la vía

UNIDAD: km

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Equipo Topográfico HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1.00 GLOBAL	25.00	25.00	12.00	300.03 7.94
SUBTOTAL M					307.97

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Topógrafo 2 EO C1	1.00	3.57	3.57	12.00	42.84
Cadeneros EO D2	3.00	3.22	9.66	12.00	115.93
SUBTOTAL N					158.77

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Estacas de madera	u	100.00	0.25	25.00
Pinturas esmalte	lt	1.00	3.00	3.00
SUBTOTAL O				28.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	494.74
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00% 108.84
OTROS ESPECÍFICOS	% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	603.58
VALOR PROPUESTO	603.58

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 3 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 3:

Excavación sin clasificar (movimiento de tierras)

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Excavadora sobre orugas	1.00	40.00	40.00	0.010	0.40
Volqueta 8m ³	2.00	20.00	40.00	0.010	0.40
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.01
SUBTOTAL M					0.81

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	1.00	3.57	3.57	0.010	0.04
Chofer volquetas EO C1	2.00	4.67	9.34	0.010	0.09
Peón EO E2	1.00	3.18	3.18	0.010	0.03
SUBTOTAL N					0.16

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	0.97
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00% 0.21
OTROS ESPECÍFICOS	% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.18
VALOR PROPUESTO	1.18

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



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



Hoja 4 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 4:

Relleno compactado con material propio

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Motoniveladora	1.00	35.00	45.00	0.11	5.14
Rodillo liso vibratorio	1.00	25.00	25.00	0.11	2.86
Tanquero	1.00	25.00	25.00	0.11	2.86
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.09

SUBTOTAL M 10.95

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	1.00	3.57	3.57	0.11	0.41
Ayudante de maquinaria ST D2	1.00	3.22	3.22	0.11	0.37
Chofer otros camiones EO C1	1.00	4.67	4.67	0.11	0.53
Operador2 EO C2	1.00	3.39	3.39	0.11	0.39

SUBTOTAL N 1.70

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Agua	m ³	0.15	3.00	0.45

SUBTOTAL O 0.45

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B

SUBTOTAL P 0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	13.10
INDIRECTOS Y UTILIDADES 22.00%	2.88
OTROS ESPECÍFICOS %	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	15.98
VALOR PROPUESTO	15.98

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



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



Hoja 5 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 5:

Alcantarilla de acero corrugado D=1.50m; e=2.5mm; Mp-100

UNIDAD: m

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Retroexcavadora HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1.00 GLOBAL	30.00	30.00	0.80	24.00 0.80
SUBTOTAL M					24.80

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de Obra EO C1	1.00	3.57	3.57	0.80	2.86
Peón EO E2	4.00	3.18	12.72	0.80	10.18
Operador 1 EO C1	1.00	3.57	3.57	0.80	2.86
SUBTOTAL N					15.90

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Tubo de acero corrugado D=120mm	m	1.050	200.00	210.00
SUBTOTAL O				210.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	250.70
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00% 55.15
OTROS ESPECÍFICOS	% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	305.85
VALOR PROPUESTO	305.85

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



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



Hoja 6 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 6:
Tubería PVC corrugado D=300mm

UNIDAD: m

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.00
SUBTOTAL M					0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil EO C2	1.00	3.22	3.22	0.333	1.07
Maestro de obra EO C1	1.00	3.57	3.57	0.333	1.19
Peón EO E2	2.00	3.18	6.36	0.333	2.12
SUBTOTAL N					4.38

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Tubería PVC corrugado D=250mm	m	1.000	38.000	38.00
SUBTOTAL O				38.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)		42.38
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00%	9.32
OTROS ESPECÍFICOS	%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		51.70
VALOR PROPUESTO		51.70

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 7:

H.S. $f'c=180$ kg/cm² incluido encofrado

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Concretera	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00
Vibrador a gasolina	1.00	3.75	3.75	1.00	3.75
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				2.09
SUBTOTAL M					10.84

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil EO D2	3.00	3.22	9.66	1.00	9.66
Peón EO E2	9.00	3.18	28.62	1.00	28.62
Maestro de Obra EO C2	1.00	3.57	3.57	1.00	3.57
SUBTOTAL N					41.85

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Cemento Portland	saco	7.200	6.670	48.02
Arena (en obra)	m ³	0.500	18.00	9.00
Ripio triturado (en obra)	m ³	0.850	18.00	15.30
Encofrado madera	m ²	8.000	1.20	9.60
Puntales	m	21.000	0.25	5.25
Clavos 2" a 4"	kg	1.000	1.70	1.70
Agua	m ³	0.150	3.00	0.450
Alambre galvanizado	kg	0.050	2.20	0.11
SUBTOTAL O				89.43

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	142.12
INDIRECTOS Y UTILIDADES 22.00%	31.27
OTROS ESPECÍFICOS %	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	173.39
VALOR PROPUESTO	173.39



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



Hoja 8 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 8:

Hormigón ciclópeo para cabezales

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Concreteira HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1.00 GLOBAL	5.00	5.00	1.00	5.00 2.09
SUBTOTAL M					7.09

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Albañil / Carpintero EOD2	3.00	3.22	9.66	1.000	9.66
Peón EO E2	9.00	3.18	28.62	1.000	28.62
Maestro de Obra EO C1	1.00	3.57	3.57	1.000	3.57
SUBTOTAL N					41.85

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Piedra bola	m3	0.50	12.00	6.00
Cemento Portland	saco	3.000	6.670	20.01
Arena (en obra)	m3	0.234	18.00	4.21
Ripio triturado (en obra)	m3	0.363	18.00	6.53
Agua	m3	0.090	3.00	0.270
Encofrado madera	m2	8.000	1.20	9.60
Alfajía	ml	10.00	1.00	10.00
Clavos 2" a 4"	kg	0.800	1.70	1.36
SUBTOTAL O				57.98

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)				106.92
INDIRECTOS Y UTILIDADES 22.00%				23.52
OTROS ESPECÍFICOS %				0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				130.44
VALOR PROPUESTO				130.44

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 9 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 9:

Suministro y colocación sub- base granular Clase 2

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Motoniveladora	1.00	35.00	35.00	0.013	0.47
Rodillovibrador liso	1.00	25.00	25.00	0.013	0.33
Tanquero	1.00	25.00	25.00	0.013	0.33
Volqueta 8m ³	1.00	20.00	20.00	0.013	0.27
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.02
SUBTOTAL M					1.42

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	1.00	3.57	3.57	0.013	0.05
Operador 2 EO C2	1.00	3.39	3.39	0.013	0.05
Ayudante de maquinaria ST D2	2.00	3.22	6.44	0.013	0.09
Chofer EO C1	1.00	4.67	4.67	0.013	0.06
Peón EO E2	2.00	3.18	6.36	0.013	0.08
Maestro de Obra EO C1	1.00	3.57	3.57	0.013	0.05
SUBTOTAL N					0.38

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Material Sub base Clase 2 (en obra)	m ³	1.20	9.00	10.80
Agua	m ³	0.15	3.00	0.45
SUBTOTAL O				11.25

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)				13.05
INDIRECTOS Y UTILIDADES				22.00% 2.87
OTROS ESPECÍFICOS				% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				15.92
VALOR PROPUESTO				15.92

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



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



Hoja 10 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO #10:

Suministro y colocación base granular Clase 2

UNIDAD: m³

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Motoniveladora	1.00	35.00	35.00	0.013	0.47
Rodillovibrador liso	1.00	25.00	25.00	0.013	0.33
Tanquero	1.00	25.00	25.00	0.013	0.33
Volqueta 8m ³	1.00	20.00	20.00	0.013	0.27
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.02
SUBTOTAL M					1.42

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	1.00	3.57	3.57	0.013	0.05
Operador 2 EO C2	1.00	3.39	3.39	0.013	0.05
Ayudante de maquinaria ST D2	2.00	3.22	6.44	0.013	0.09
Chofer EO C1	1.00	4.67	4.67	0.013	0.06
Peón EO E2	2.00	3.18	6.36	0.013	0.08
Maestro de Obra EO C1	1.00	3.57	3.57	0.013	0.05
SUBTOTAL N					0.38

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Material Base granular Clase 2 (en obra)	m ³	1.200	10.000	12.00
Agua	m ³	0.15	3.000	0.45
SUBTOTAL O				12.45

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)				14.25
INDIRECTOS Y UTILIDADES				22.00% 3.14
OTROS ESPECÍFICOS				% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				17.39
VALOR PROPUESTO				17.39

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 11 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 11:

C. rodadura hormigón asfáltico mezclado en planta, e=5cm, inc. Imprimación

UNIDAD: m²

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Cargadora frontal	1.00	30.00	30.00	0.005	0.16
Planta asfáltica	1.00	150.00	150.00	0.005	0.80
Finisher	1.00	65.00	65.00	0.005	0.35
Rodillo liso vibratorio	1.00	25.00	25.00	0.005	0.13
Rodillo neumático	1.00	25.00	25.00	0.005	0.13
Rodillo tandem	1.00	25.00	25.00	0.005	0.13
Tanquero imprimador	1.00	35.00	35.00	0.005	0.19
Escoba mecánica	1.00	20.00	20.00	0.005	0.11
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.02
SUBTOTAL M					2.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador 1 EO C1	3.00	3.57	10.71	0.005	0.05
Operador 2 EO C2	3.00	3.39	10.17	0.005	0.05
Mecánico Mantenimiento EO C1	1.00	3.57	3.57	0.005	0.02
Ayudante de maquinaria ST D2	5.00	3.22	16.10	0.005	0.08
Peón EO E2	8.00	3.18	25.44	0.005	0.13
Chofer EO C1	1.00	4.67	4.67	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.35

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Agregados Pétreos	m ³	0.06	9.50	0.57
Asfalto AP-3	kg	7.50	0.37	2.78
Asfalto RC2, imprimación-adherencia	kg	7.50	0.37	2.78
Diésel generador planta	gl	0.45	0.92	0.41
Arena	m ³	0.040	13.00	0.52
SUBTOTAL O				7.05

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	9.42
INDIRECTOS Y UTILIDADES 22.00%	2.07
OTROS ESPECÍFICOS %	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	11.49
VALOR PROPUESTO	11.49

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



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



Hoja 12 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 12:

Señalización Horizontal (marcas pavimento)

UNIDAD: km

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Equipo para pintura de tráfico HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1.00 GLOBAL	1.88	1.88	4.000	7.52 2.21
SUBTOTAL M					9.73

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Chofer EO C1	1.00	4.67	4.67	4.000	18.68
Peón EO E2	2.00	3.18	6.36	4.000	25.44
SUBTOTAL N					44.12

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Pintura de tráfico	gl	10.000	20.000	200.00
Microesferas de vidrio	kg	20.000	5.50	110.00
Diluyente o tiñer	gl	0.500	6.50	3.25
SUBTOTAL O				313.25

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	367.10
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00% 80.76
OTROS ESPECÍFICOS	% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	447.86
VALOR PROPUESTO	447.86

Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Hoja 13 de 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO # 13:
Señalización Vertical Reglamentaria

UNIDAD: u

DETALLE

EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Soldadora eléctrica HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	1.00 GLOBAL	3.00	3.00	0.40	1.20 0.27
SUBTOTAL M					1.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL (B)	C. DÍA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de Obra EO C1	1.00	3.57	3.57	0.40	1.43
Albañil EO D2	1.00	3.22	3.22	0.40	1.29
Soldador EO C1	1.00	3.57	3.57	0.40	1.43
Peón EO E2	1.00	3.18	3.18	0.40	1.27
SUBTOTAL N					5.42

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B
Láminas de tool galvanizado (2.44*1.22)m e= 1.4m	u	1.00	41.500	41.50
Tubo galvanizado poste 2"	m	5.00	4.130	20.65
Perno inoxidable	u	4.00	0.500	2.00
Hormigón clase B f'c=180 kg/cm2	m3	0.14	110.000	15.40
Tubo cuadrado negro 1"*1"*1.5m	m	9.76	1.420	13.86
Pintura anticorrosiva	gl	0.20	16.000	3.20
Lámina reflectiva	u	0.10	18.000	1.80
Electrodos	kg	2.88	3.380	9.73
Chicotes Φ 8 mm	kg	0.24	1.210	0.29
SUBTOTAL O				108.43

TRANSPORTE

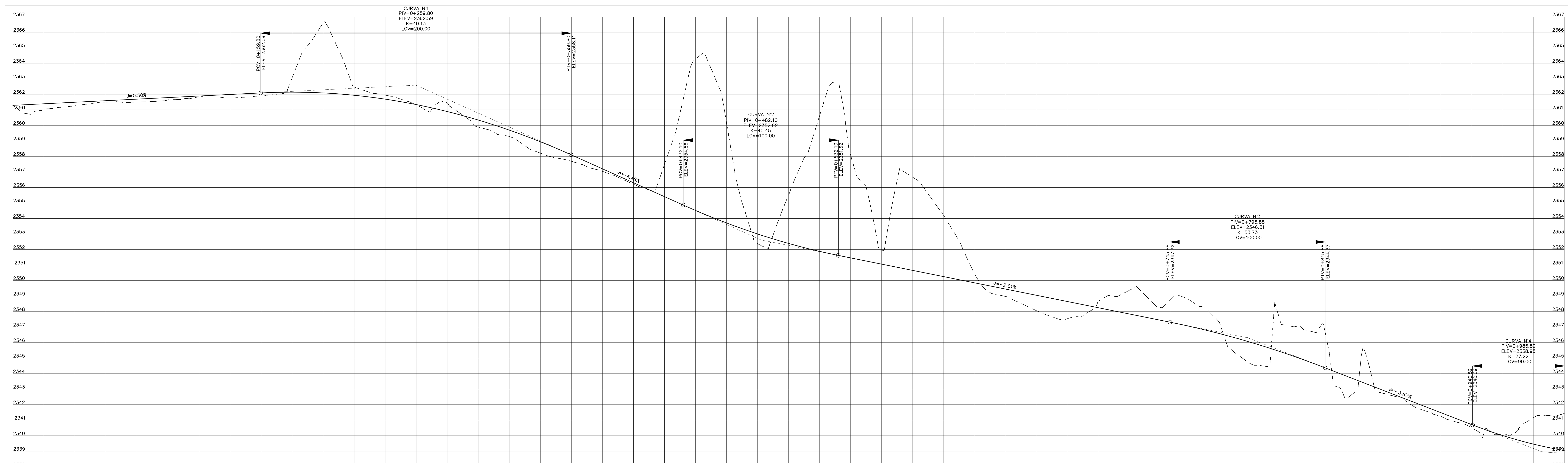
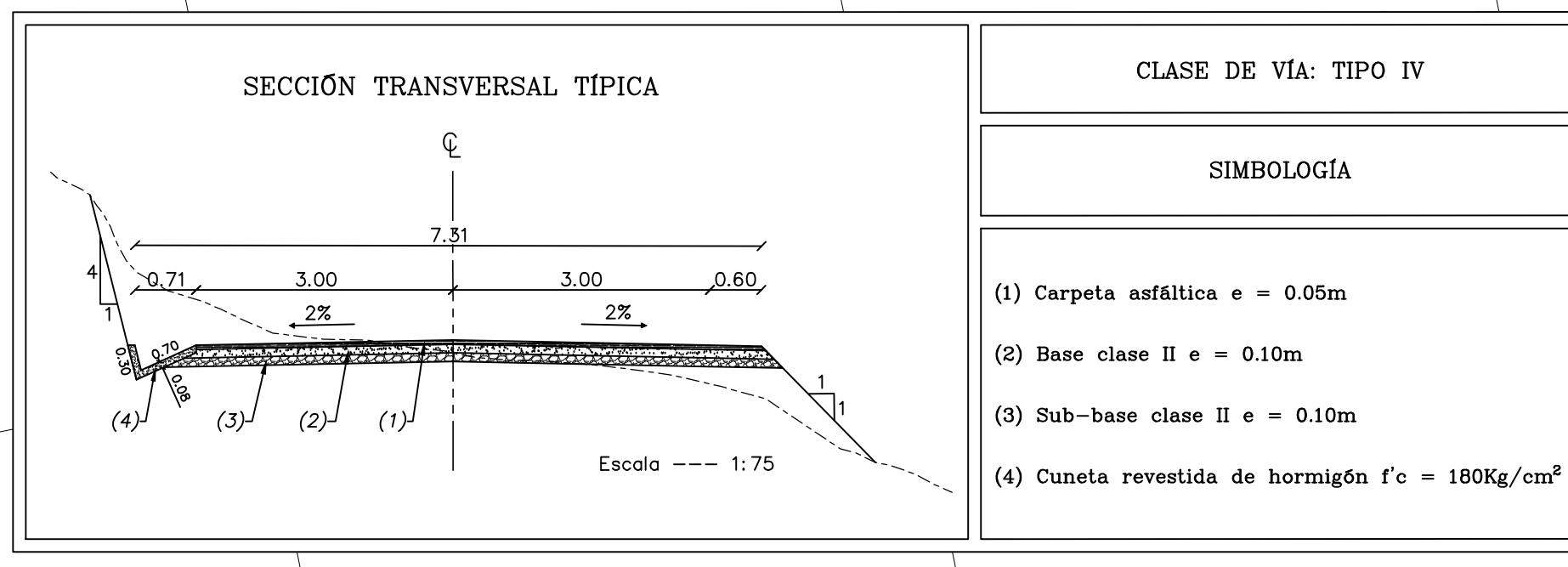
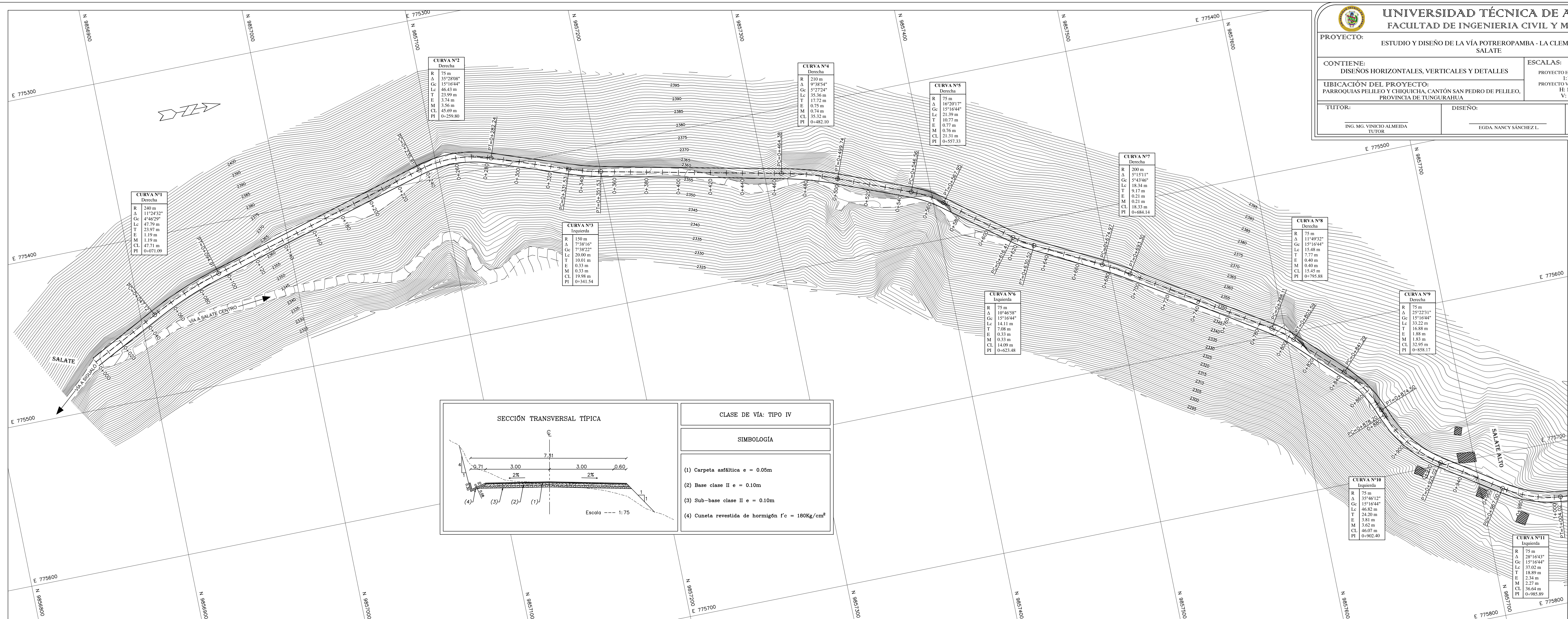
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)	115.32
INDIRECTOS Y UTILIDADES	22.00% 25.37
OTROS ESPECÍFICOS	% 0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	140.69
VALOR PROPUESTO	140.69

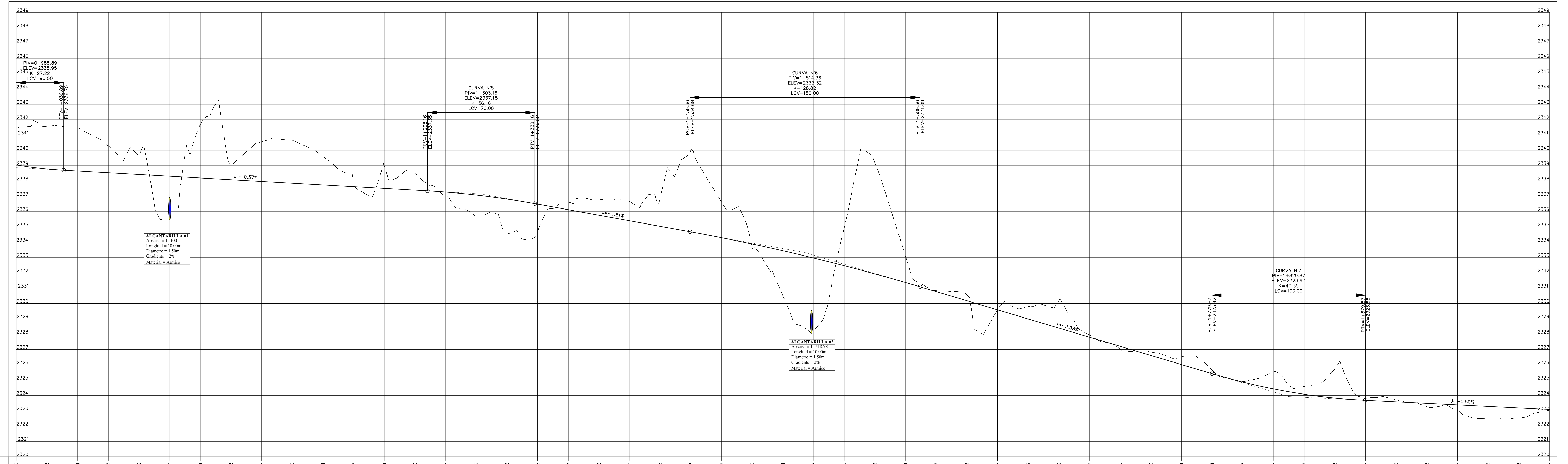
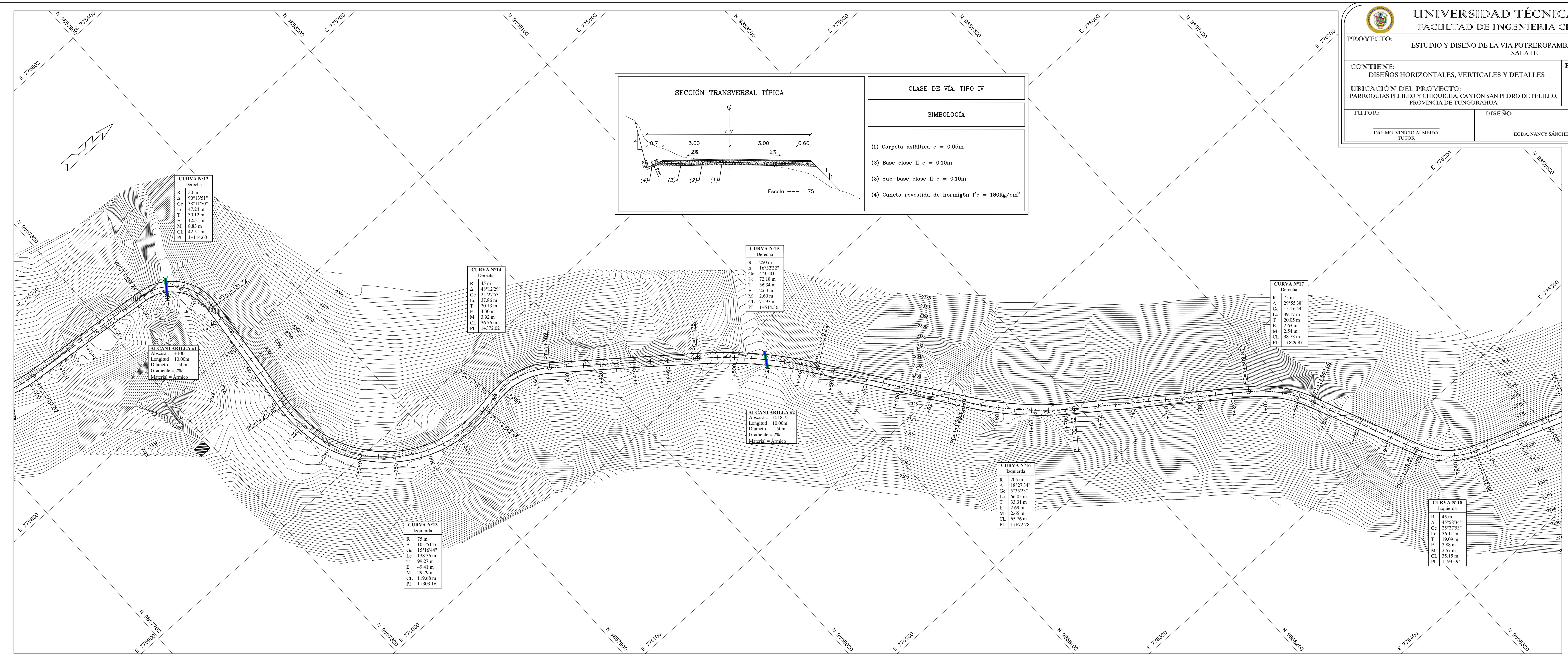
Egda.: Nancy Sánchez
ELABORADO POR

Pelileo, Julio 2015

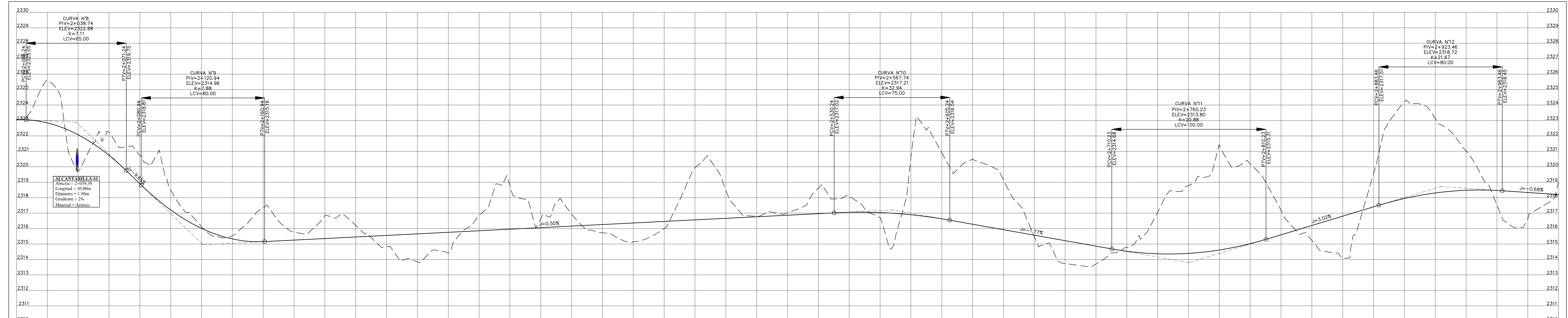
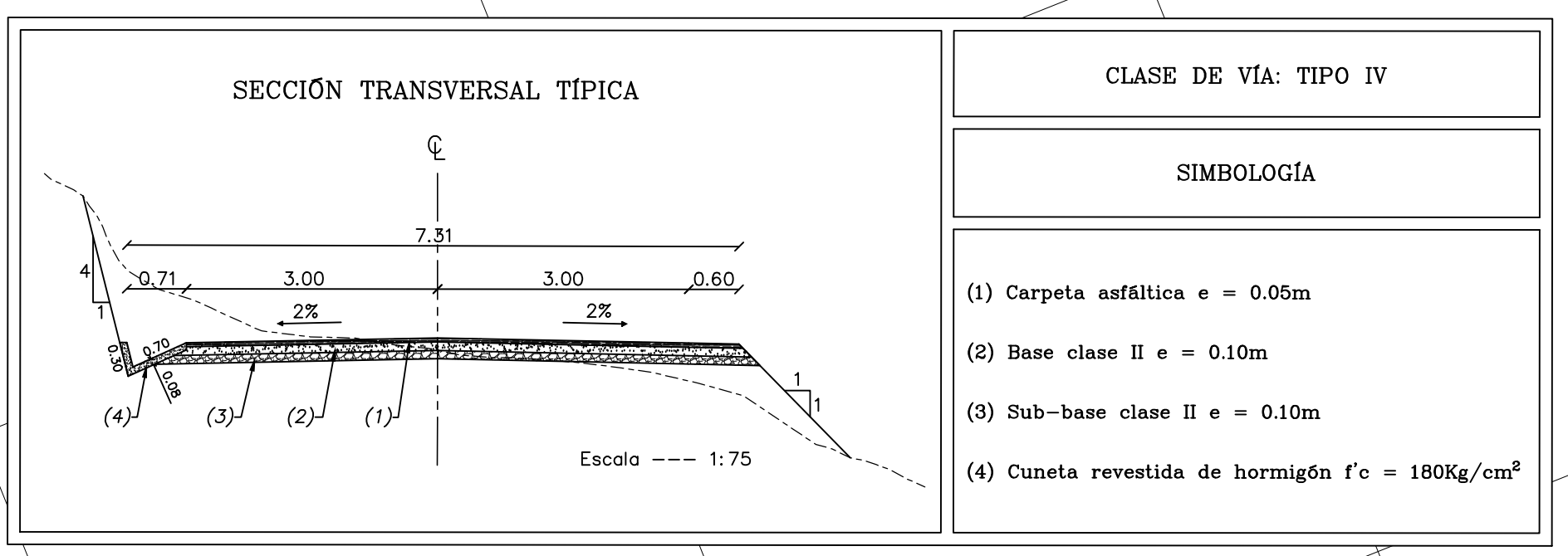
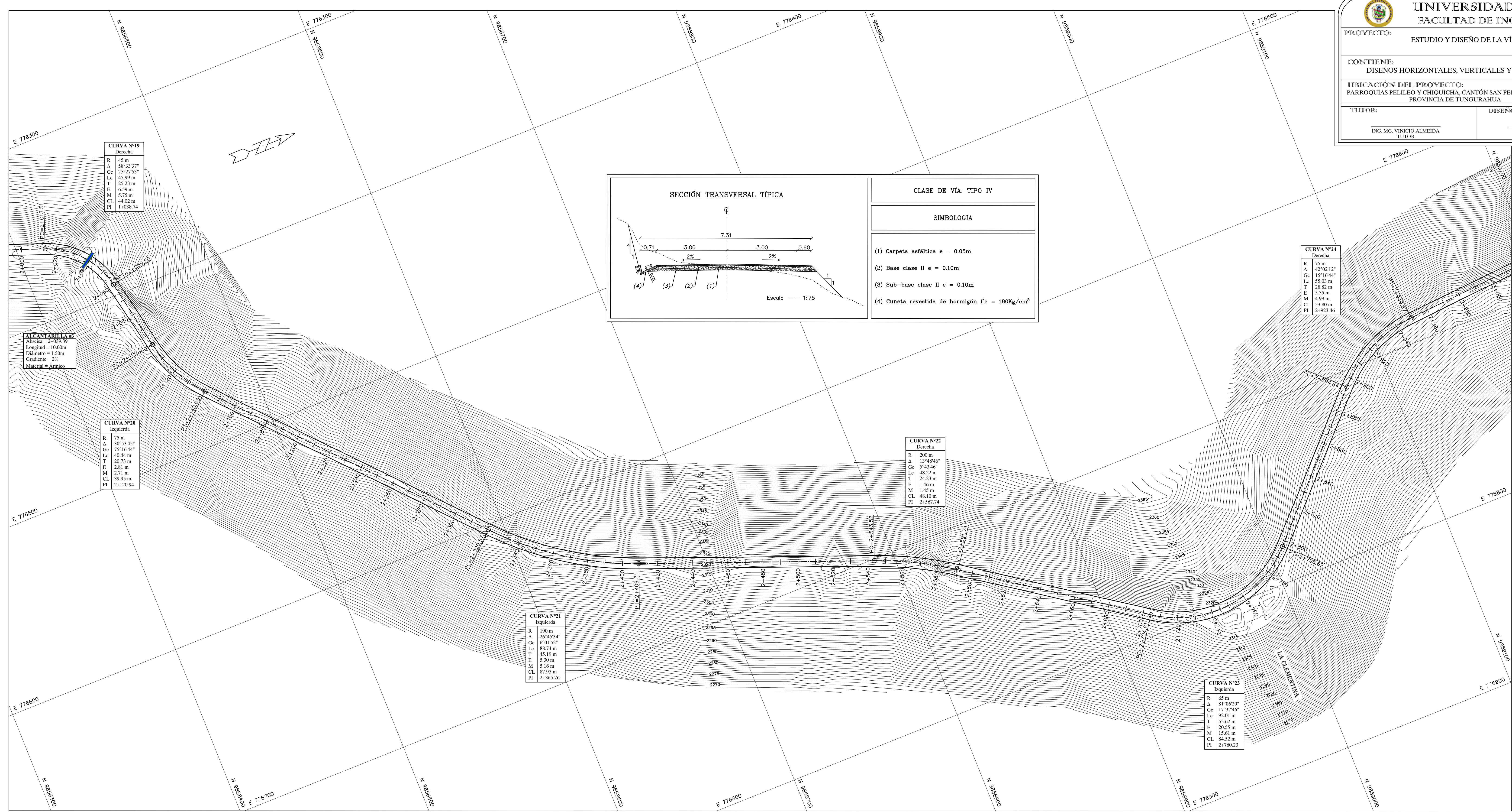
Anexo K: Planos



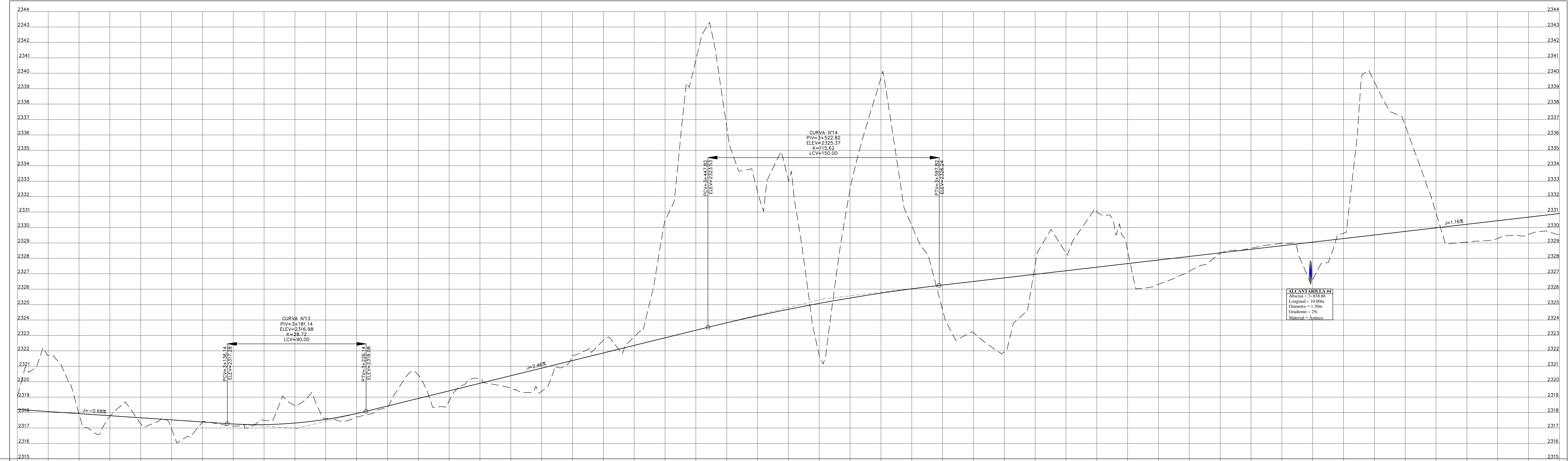
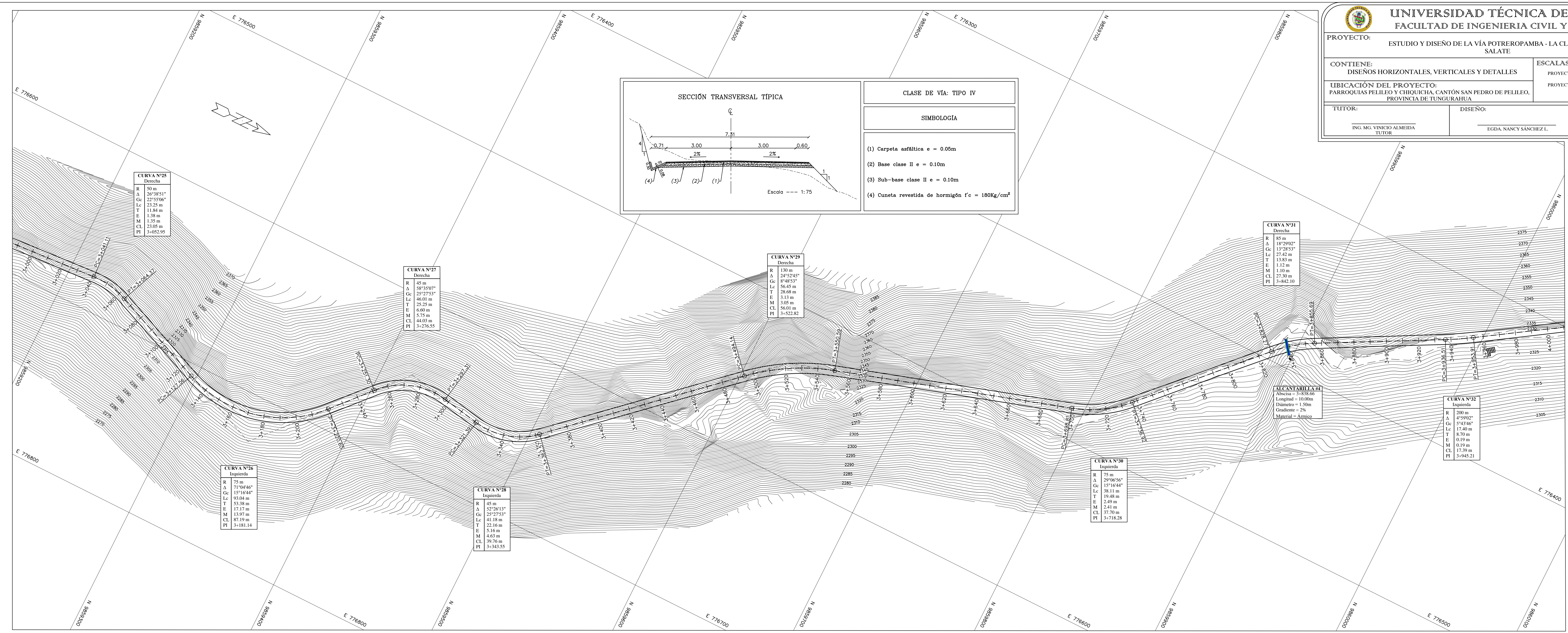
ABSCISA	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	CORTE	RELLENO
0+000	2361.29	2361.29	0.00	0.00
0+020	2361.00	2361.39	0.39	0.39
0+040	2361.26	2361.49	0.23	0.23
0+060	2361.49	2361.59	0.10	0.10
0+080	2361.50	2361.69	0.19	0.19
0+100	2361.64	2361.79	0.15	0.15
0+120	2361.83	2361.89	0.06	0.06
0+140	2361.75	2361.99	0.24	0.24
0+160	2361.91	2362.09	0.18	0.18
0+180	2363.07	2362.14	0.93	0.93
0+200	2366.61	2362.09	4.52	4.52
0+220	2362.47	2361.94	0.53	0.53
0+240	2361.95	2361.69	0.26	0.26
0+260	2361.31	2361.34	0.03	0.03
0+280	2361.44	2360.89	0.55	0.55
0+300	2359.89	2360.34	0.45	0.45
0+320	2359.28	2359.69	0.41	0.41
0+340	2358.21	2358.95	0.74	0.74
0+360	2357.68	2358.10	0.41	0.41
0+380	2357.04	2357.20	0.16	0.16
0+400	2356.31	2356.30	0.01	0.01
0+420	2357.47	2355.41	2.07	2.07
0+440	2364.26	2354.52	9.74	9.74
0+460	2360.17	2353.71	6.46	6.46
0+480	2352.37	2353.00	0.63	0.63
0+500	2355.51	2352.39	3.12	3.12
0+520	2360.63	2351.88	8.75	8.75
0+540	2358.06	2351.46	6.60	6.60
0+560	2351.92	2351.06	0.87	0.87
0+580	2356.66	2350.65	6.00	6.00
0+600	2354.19	2350.25	3.94	3.94
0+620	2350.52	2349.85	0.67	0.67
0+640	2348.97	2349.45	0.47	0.47
0+660	2348.05	2349.04	1.00	1.00
0+680	2347.55	2348.64	1.09	1.09
0+700	2348.69	2348.24	0.45	0.45
0+720	2348.39	2347.84	1.55	1.55
0+740	2348.27	2347.43	0.83	0.83
0+760	2348.64	2347.01	1.63	1.63
0+780	2346.63	2346.52	0.10	0.10
0+800	2344.54	2345.95	2.34	2.34
0+820	2347.13	2345.31	1.82	1.82
0+840	2346.64	2344.60	2.05	2.05
0+860	2342.39	2343.83	0.85	0.85
0+880	2342.82	2343.05	0.23	0.23
0+900	2342.06	2342.28	0.22	0.22
0+920	2341.27	2341.50	0.23	0.23
0+940	2340.52	2340.73	0.21	0.21
0+960	2340.10	2340.02	0.08	0.08
0+980	2341.15	2339.46	1.69	1.69
1+000	2341.44	2339.05	2.39	2.39



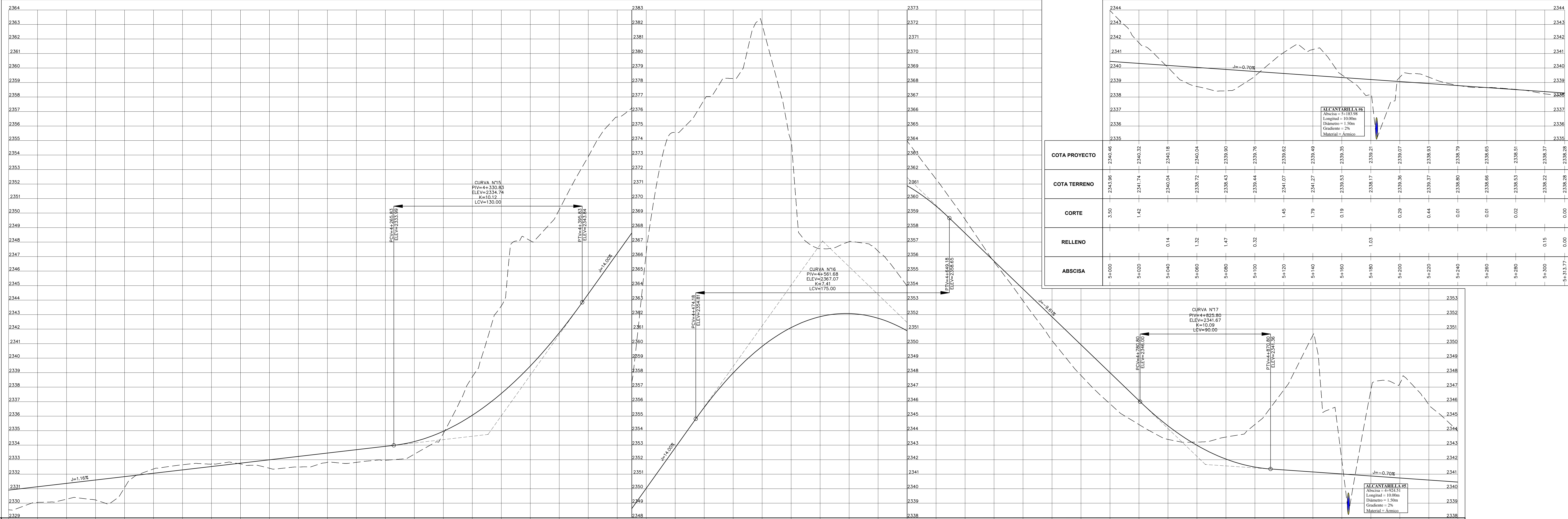
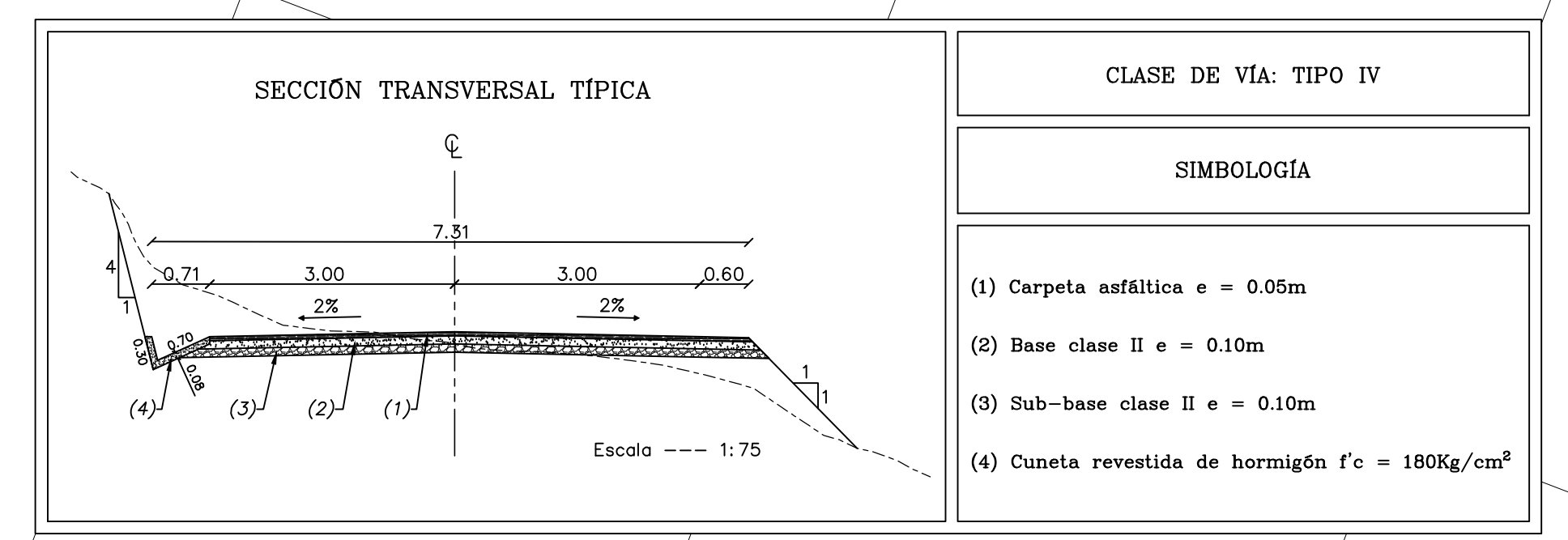
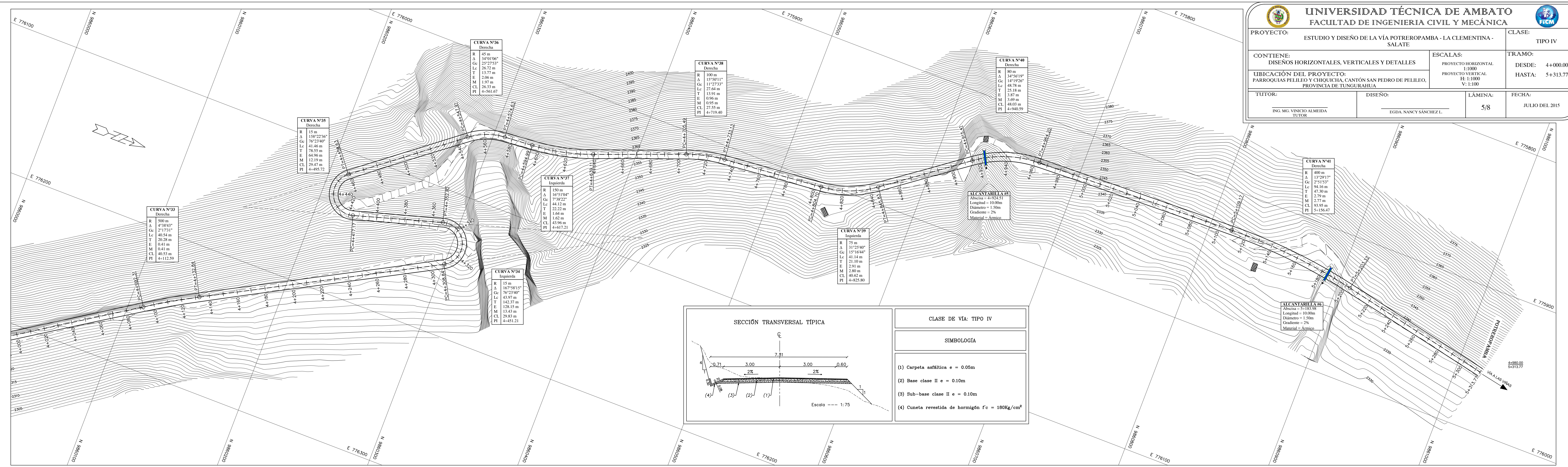
ABSCISA	CORTE	RELLENO	COTA TERRENO	COTA PROYECTO
1+000	2.39		2341.44	2339.05
1+020	2.75		2341.52	2338.78
1+040	2.86		2341.50	2338.84
1+060	1.74		2340.27	2338.53
1+080	1.25		2338.66	2338.42
1+100		2.87	2335.43	2338.50
1+120	3.49		2341.68	2338.19
1+140	0.97		2338.05	2338.08
1+160	2.59		2340.55	2337.86
1+180	2.81		2340.66	2337.85
1+200	1.85		2339.29	2337.74
1+220	0.26		2337.89	2337.52
1+240	1.46		2338.57	2337.51
1+260	1.13		2338.52	2337.40
1+280		0.26	2337.02	2337.77
1+300		1.38	2335.70	2337.08
1+320		2.27	2334.52	2336.82
1+340		1.82	2334.67	2336.48
1+360			2336.62	2336.12
1+380		1.01	2336.77	2335.76
1+400		1.26	2336.65	2335.40
1+420		1.80	2336.93	2335.03
1+440		5.37	2340.04	2334.67
1+460		2.33	2336.62	2334.29
1+480		0.22	2333.87	2333.88
1+500		2.84	2330.50	2333.44
1+520		4.76	2328.20	2332.97
1+540		2.50	2324.45	2332.46
1+560		7.24	2338.17	2331.93
1+580		1.72	2333.08	2331.36
1+600		0.06	2330.84	2330.77
1+620		0.38	2330.56	2330.18
1+640		0.02	2329.60	2329.58
1+660		0.80	2329.79	2328.99
1+680		1.80	2330.19	2328.39
1+700		0.14	2327.93	2327.79
1+720		0.18	2327.01	2327.20
1+740		0.23	2326.83	2326.60
1+760		0.50	2326.51	2326.01
1+780		0.23	2325.64	2325.41
1+800		0.05	2324.92	2324.87
1+820		1.16	2325.58	2324.42
1+840		0.51	2324.49	2324.07
1+860		1.92	2325.71	2323.63
1+880		0.22	2323.86	2323.68
1+900		0.13	2323.70	2323.58
1+920		0.21	2323.26	2323.46
1+940		0.35	2323.03	2323.38
1+960		0.81	2322.47	2323.28
1+980		0.64	2322.54	2323.18
2+000		0.04	2323.01	2323.08



ABSCISA	COTA TERRENO	COTA PROYECTO	RELLENO	CORTE
2+000	2323.04	2323.08	0.04	
2+020	2322.58	2322.85	0.27	
2+040	2319.72	2322.08	2.35	
2+060	2322.13	2322.75	0.62	
2+080	2320.73	2316.90	3.83	
2+100	2318.51	2317.21	1.30	
2+120	2316.13	2316.01	0.12	
2+140	2315.54	2315.33	0.21	
2+160	2317.36	2315.15	2.20	
2+180	2315.77	2315.25	0.52	
2+200	2316.84	2315.35	1.48	
2+220	2315.21	2315.46	0.25	
2+240	2314.83	2315.36	0.53	
2+260	2313.84	2315.66	1.81	
2+280	2314.42	2315.76	1.33	
2+300	2316.88	2315.86	1.02	
2+320	2315.78	2315.96	0.18	
2+340	2316.64	2316.06	0.42	
2+360	2316.84	2316.16	0.32	
2+380	2315.72	2316.26	0.54	
2+400	2315.15	2316.36	1.21	
2+420	2315.99	2316.46	0.47	
2+440	2316.84	2316.56	0.72	
2+460	2316.49	2316.67	0.18	
2+480	2316.80	2316.77	0.03	
2+500	2317.02	2316.87	0.14	
2+520	2316.62	2316.97	0.35	
2+540	2316.08	2317.05	0.97	
2+560	2316.70	2317.04	0.34	
2+580	2320.59	2316.89	3.69	
2+600	2320.91	2316.63	4.28	
2+620	2320.47	2316.28	4.19	
2+640	2319.15	2315.93	3.23	
2+660	2315.48	2315.57	0.09	
2+680	2313.74	2315.22	1.48	
2+700	2313.70	2314.86	1.16	
2+720	2314.76	2314.53	0.23	
2+740	2317.06	2314.37	2.69	
2+760	2316.79	2314.39	2.40	
2+780	2321.39	2314.61	6.78	
2+800	2320.21	2315.02	5.19	
2+820	2317.18	2315.60	1.58	
2+840	2315.23	2315.20	0.03	
2+860	2314.06	2316.81	2.75	
2+880	2319.56	2317.41	2.15	
2+900	2324.20	2317.95	6.25	
2+920	2323.13	2318.31	4.82	
2+940	2321.03	2318.48	2.55	
2+960	2317.52	2318.47	0.95	
2+980	2316.62	2318.34	1.71	
3+000	2319.02	2318.20	0.82	

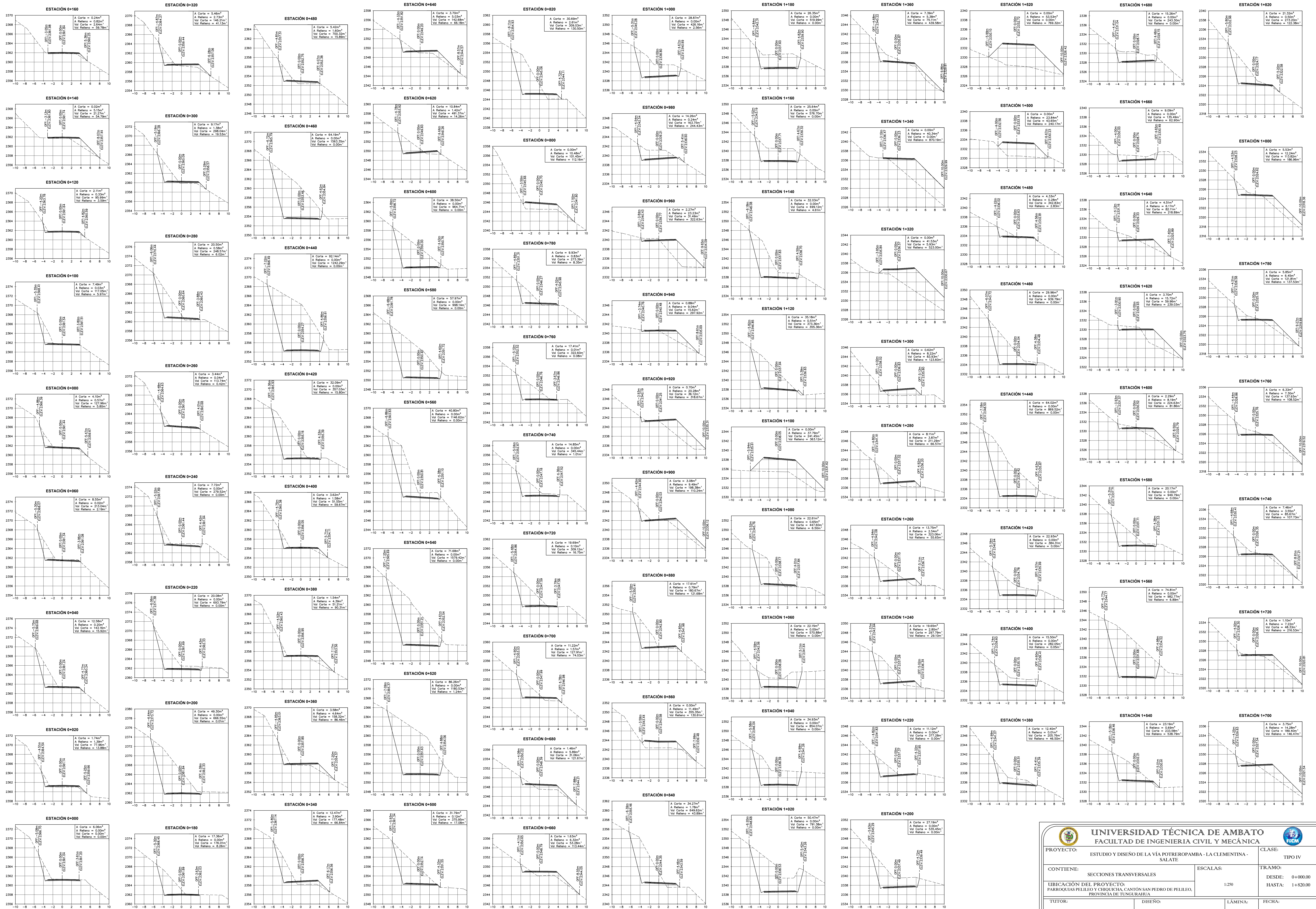




ABSCISA	CORTE	RELLENO	COTA TERRENO	COTA PROYECTO
3+000	0.82		2318.02	2318.00
3+020	3.63		2321.70	2318.07
3+040	0.01	0.01	2317.82	2317.83
3+060	0.04	0.04	2317.50	2317.50
3+080	0.38	0.38	2317.28	2317.66
3+100	0.58	0.58	2316.94	2317.53
3+120	0.00	0.00	2317.39	2317.39
3+140	0.14	0.14	2317.12	2317.26
3+160	0.28	0.28	2317.09	2317.22
3+180	1.14	1.14	2318.46	2317.32
3+200	0.05	0.05	2317.81	2317.56
3+220	0.22	0.22	2317.71	2317.54
3+240	0.10	0.10	2318.32	2318.42
3+260	1.52	1.52	2320.43	2318.91
3+280	0.65	0.65	2318.76	2319.41
3+300	0.30	0.30	2320.20	2319.90
3+320	0.78	0.78	2319.81	2320.39
3+340	1.51	1.51	2319.37	2320.88
3+360	0.35	0.35	2321.73	2321.37
3+380	0.82	0.82	2322.69	2321.86
3+400	0.56	0.56	2322.91	2322.35
3+420	7.80	7.80	2330.44	2322.85
3+440	17.53	17.53	2340.86	2323.34
3+460	12.70	12.70	2336.52	2323.82
3+480	8.04	8.04	2332.31	2324.37
3+500	8.35	8.35	2331.08	2324.69
3+520	3.40	3.40	2327.68	2325.08
3+540	7.04	7.04	2326.46	2325.43
3+560	13.87	13.87	2339.71	2325.74
3+580	4.10	4.10	2330.12	2326.02
3+600	2324.66	2326.27	2324.66	2326.27
3+620	3.32	3.32	2323.18	2326.50
3+640	4.79	4.79	2321.94	2326.73
3+660	0.59	0.59	2327.55	2326.96
3+680	1.15	1.15	2328.35	2327.19
3+700	3.62	3.62	2321.05	2327.43
3+720	0.81	0.81	2328.47	2327.66
3+740	2328.32	2327.89	2328.32	2327.89
3+760	0.96	0.96	2327.17	2328.12
3+780	0.04	0.04	2328.32	2328.35
3+800	0.07	0.07	2328.65	2328.59
3+820	0.15	0.15	2328.97	2328.82
3+840	2.44	2.44	2326.61	2329.05
3+860	0.35	0.35	2328.63	2329.28
3+880	9.93	9.93	2339.45	2329.51
3+900	6.86	6.86	2336.61	2329.75
3+920	0.96	0.96	2330.93	2329.98
3+940	1.16	1.16	2328.05	2330.21
3+960	1.15	1.15	2329.29	2330.44
3+980	1.12	1.12	2329.55	2330.67
4+000	1.36	1.36	2329.65	2330.91




ABSCISA	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	CORTE	RELLENO	ABSCISA
4+000	2340.46	2340.06	3.50	0.00	4+000
4+020	2341.74	2341.74	1.42	0.00	4+020
4+040	2340.15	2340.04	0.14	0.14	4+040
4+060	2340.04	2338.72	1.32	1.32	4+060
4+080	2339.90	2338.43	1.47	1.47	4+080
4+100	2339.76	2338.44	1.32	1.32	4+100
4+120	2339.62	2341.07	1.45	0.32	4+120
4+140	2339.49	2341.27	1.79	0.32	4+140
4+160	2339.35	2338.53	0.19	0.82	4+160
4+180	2339.21	2338.77	0.44	0.44	4+180
4+200	2339.07	2338.36	0.71	0.71	4+200
4+220	2338.93	2338.37	0.56	0.56	4+220
4+240	2338.79	2338.80	0.01	0.01	4+240
4+260	2338.65	2338.66	0.01	0.01	4+260
4+280	2338.51	2338.53	0.02	0.02	4+280
4+300	2338.37	2338.22	0.15	0.15	4+300
4+313.77	2338.28	2338.28	0.00	0.00	4+313.77

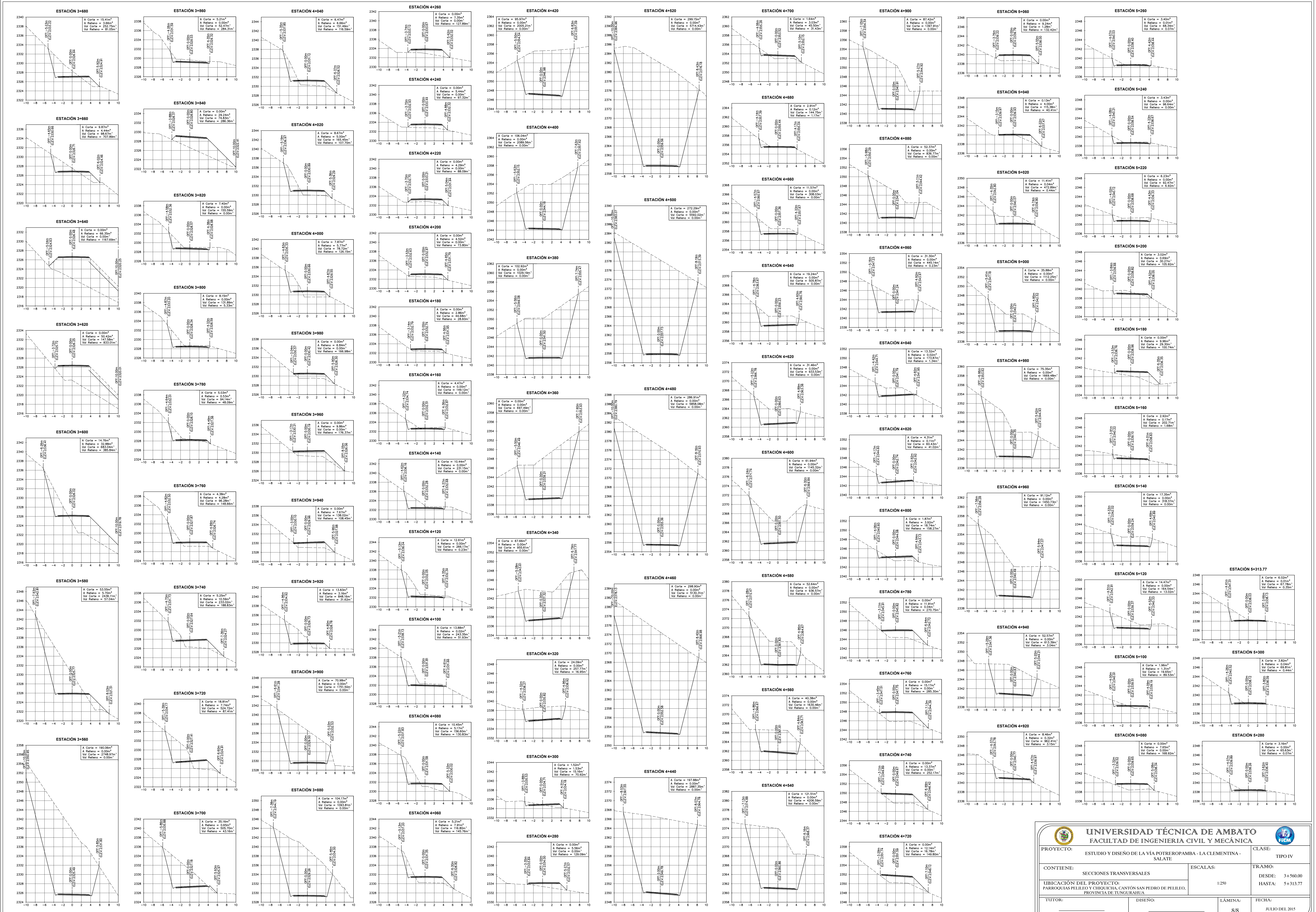
ABSCISA	COTA PROYECTO	COTA TERRENO	CORTE	RELLENO	ABSCISA
4+000	2330.01	2329.50	1.36	0.00	4+000
4+020	2331.14	2330.05	1.08	0.00	4+020
4+040	2331.37	2330.28	1.09	0.00	4+040
4+060	2331.60	2330.72	1.38	0.00	4+060
4+080	2331.83	2331.08	0.76	0.00	4+080
4+100	2332.06	2332.30	0.30	0.00	4+100
4+120	2332.30	2332.50	0.35	0.00	4+120
4+140	2332.53	2332.71	0.19	0.00	4+140
4+160	2332.76	2332.76	0.00	0.05	4+160
4+180	2332.99	2332.91	0.08	0.08	4+180
4+200	2333.22	2332.90	0.13	0.13	4+200
4+220	2333.46	2332.82	0.63	0.63	4+220
4+240	2333.69	2332.82	0.87	0.87	4+240
4+260	2333.92	2332.96	0.96	0.96	4+260
4+280	2334.15	2333.38	0.77	0.77	4+280
4+300	2334.38	2334.86	0.15	0.15	4+300
4+320	2334.61	2336.07	2.65	0.00	4+320
4+340	2334.84	2343.60	6.04	0.00	4+340
4+360	2335.07	2348.10	8.64	0.00	4+360
4+380	2335.30	2349.75	8.49	0.00	4+380
4+400	2335.53	2344.43	9.47	0.00	4+400
4+420	2335.76	2347.23	9.39	0.00	4+420
4+440	2336.00	2346.30	16.28	0.00	4+440
4+460	2336.23	2342.83	21.73	0.00	4+460
4+480	2336.46	2336.81	21.20	0.00	4+480
4+500	2336.69	2337.36	20.29	0.00	4+500
4+520	2336.92	2336.91	22.16	0.00	4+520
4+540	2337.15	2333.96	12.85	0.00	4+540
4+560	2337.38	2336.86	4.68	0.00	4+560
4+580	2337.61	2337.02	4.95	0.00	4+580
4+600	2337.84	2336.75	4.63	0.00	4+600
4+620	2338.07	2336.88	3.09	0.00	4+620
4+640	2338.30	2336.48	1.86	0.00	4+640
4+660	2338.53	2337.61	0.96	0.00	4+660
4+680	2338.76	2335.69	2356.64	0.05	4+680
4+700	2339.00	2335.77	2352.96	0.81	4+700
4+720	2339.23	2335.84	2350.20	1.64	4+720
4+740	2339.46	2340.92	2347.89	2.11	4+740
4+760	2339.69	2340.85	2346.85	2.15	4+760
4+780	2339.92	2340.07	2344.42	1.65	4+780
4+800	2340.15	2340.53	2343.40	0.84	4+800
4+820	2340.38	2342.99	2343.21	0.22	4+820
4+840	2340.61	2342.04	2343.56	1.52	4+840
4+860	2340.84	2341.49	2344.43	2.83	4+860
4+880	2341.07	2341.79	2346.82	5.02	4+880
4+900	2341.30	2341.16	9.42	0.00	4+900
4+920	2341.53	2341.02	0.82	0.00	4+920
4+940	2341.76	2340.88	5.91	0.00	4+940
4+960	2342.00	2340.74	6.52	0.00	4+960
4+980	2342.23	2340.60	5.18	0.00	4+980
5+000	2342.46	2340.46	3.50	0.00	5+000



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA POTREROPAMBA - LA CLEMENTINA - SALATE		CLASE: TIPO IV
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES		ESCALAS: 1:250
UBICACIÓN DEL PROYECTO: PARROQUIAS PELLEJO Y CHIGUCHA, CANTÓN SAN PEDRO DE PELLEJO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		TRAMO: 0+000.00 HASTA: 1+820.00
TÍTULO:	DISEÑO:	LÁMINA: 6/8 FECHA: JULIO DEL 2015
ING. MG. VINICIO ALMEIDA TUTOR		EDA. NANCY SANCHEZ L.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA POTREROPAMBA - LA CLEMENTINA - SALATE		CLASE: TIPO IV	
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES		ESCALAS: 1:250	
UBICACIÓN DEL PROYECTO: PARROQUIAS PELLEJO Y CHIRQUICHA, CANTÓN SAN PEDRO DE PELLEJO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		TRAMO: DESDE: 1+840.00 HASTA: 3+540.00	
TITULO:	DISEÑO:	LÁMINA:	FECHA:
ING. MV. GONCALVES ALMEIDA	TUTOR:	EGDA, NANCY SANCHEZ L.	7/8
		JULIO DEL 2015	



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA POTREROPAMBA - LA CLEMENTINA - SALATE		CLASE: TIPO IV
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES		ESCALAS: 1:250
UBICACIÓN DEL PROYECTO: PARROQUIAS PELLEJO Y CHURCHA, CANTÓN SAN PEDRO DE PELLEJO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		TRAMO: DESDE: 3+560.00 HASTA: 5+313.77
TÍTULO:	DISEÑO:	LÁMINA: 8/8 FECHA: JULIO DEL 2015
ING. MV. GONCALVES ALMEIDA TUTOR		EDA. NANCY SANCHEZ L.