

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIEROS
CIVILES**

TEMA:

**“DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA DE BORDE DEL CAMINO DE LOS INCAS;
UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN QUITO,
PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA”**

AUTORES:

**CRISTIAN BENJAMÍN AUCANSHALA PILATUÑA
BOLÍVAR ISRAEL CARVAJAL SANTANA
MARCO ANTONIO VALVERDE PÉREZ**

DIRECTOR:

LEONARDO TUPIZA SIMBAÑA

Quito, mayo de 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, mayo de 2015

Cristian Benjamín Aucanshala Pilatuña
C.C. 172028145-8

Bolívar Israel Carvajal Santana
C.C. 172047831-0

Marco Antonio Valverde Pérez
C.C. 171495338-5

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a Dios y luego a todos quienes han hecho posible que se cumpla esta meta de llegar a obtener este título, en especial a mis padres, Ángel y Carmen, quienes con su sacrificio incansable han sabido apoyarme incondicionalmente a lo largo de toda mi carrera, a mi amada esposa Verónica y mi hermosa hija Ayleen, a mis hermanos Iván, Xavier, Stalyn y todos mis seres queridos.

Cristian Benjamín Aucanshala Pilatuña

El presente trabajo de tesis está dedicado a mis Padres adorados que son mi ejemplo y quienes me dieron la oportunidad de salir adelante en todo lo que me he propuesto, a mis hermanas que en muchos pasajes de mi vida me han aconsejado y han sido mi apoyo incondicional, a mi esposa que con amor complementa mi vida y me impulsa a luchar por mis sueños, a mis hijos amados que son todo para mí y que me basta con solo mirarlos para saber que la vida es hermosa, y a toda mi familia y amigos que llenaron mi vida de alegría y excelentes experiencias.

Bolívar Israel Carvajal Santana

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por permitirme lograr una meta mas en mi vida, y a su vez dedicada a mis padres, hermanos, tíos y especialmente a mi esposa y mi querida hija los cuales me han apoyada constantemente en todo este proceso de aprendizaje .

Marco Antonio Valverde Pérez.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana por aportar con la información necesaria para lograr sacar adelante este proyecto de tesis. Y un agradecimiento especial a los docentes que con sus conocimientos nos supieron orientar de tal manera que podamos desarrollar los distintos capítulos que comprendían este proyecto vial, el mismo que nos servirá como base para poder desarrollar trabajos de investigación a futuro.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Tema.....	4
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivos.	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Marco teórico.	6
1.5 Marco metodológico.	7
1.5.1 Método descriptivo	8
1.5.2 Método explicativo	8
1.5.3 Método analítico	8
1.5.4 Método sintético	8
1.6 Descripción del entorno.	8
1.7 Ubicación geográfica del proyecto.....	9
1.7.1 Descripción del lugar de implantación.....	11
1.7.2 Descripción de las poblaciones a servir.....	11
CAPÍTULO 2	13
2. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	13
2.1 Introducción	13
2.2 Ubicación del proyecto	13
2.3 Alcance del estudio	13
2.4 Geomorfología	14
2.5 Tectónica y estructura geológica.....	14

2.6 Formaciones geológicas y depósitos superficiales.....	15
2.6.1 Formación Macuchi (cretáceo) (KM):.....	15
2.6.2 Formación Volcano - sedimentos Machángara (Pleistoceno) (PM):.....	15
2.6.3 Formación volcánica del Atacazo (PA):.....	16
2.6.4 Formación cangagua (Cuaternario) (QC):.....	16
2.6.5 Depósito Lagunar de Ceniza (QL):.....	16
2.6.6 Depósitos Coluviales (Holoceno):.....	16
2.7 Riesgos naturales.....	17
2.7.1 Riesgo sísmico.....	17
2.7.2 Riesgo volcánico.....	20
2.7.3 Riesgo geodinámica.....	21
2.8 Investigaciones de suelos y materiales.....	21
2.8.1 Trabajo de campo.....	21
2.8.2 Trabajos de laboratorio.....	22
2.8.3 Para CBR de laboratorio.....	23
2.8.4 Para Triaxial U-U.....	24
2.8.5 Resultados obtenidos.....	25
2.8.6 Capacidad portante del suelo (CBR).....	30
2.9 Diseño de la estructura vial.....	34
2.9.1 Subrasante.....	34
2.9.2 Material de mejoramiento.....	34
2.9.3 Material de sub base.....	35
2.9.4 Material de base.....	35
2.10 Corte de taludes.....	35
2.10.1 Resultado del ensayo Triaxial abscisa 3+800:.....	36

2.11 Material de préstamo para relleno.....	36
2.11.1 Materiales pétreos para conformar la estructura de la vía.....	37
2.12 Conclusiones y recomendaciones	39
2.12.1 Conclusiones	39
2.12.2 Recomendaciones generales	41
CAPÍTULO 3.....	43
3. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	43
3.1 Antecedentes	43
3.2 Alcance.....	43
3.3 Métodos de conteo vehicular	44
3.4 Elección del método de conteo vehicular.....	44
3.5 Método de factor de crecimiento.....	45
3.5.1 Caracterización del tráfico.....	46
3.5.2 Conteo volumétrico de tráfico.	47
3.5.3 Pronostico de tráfico.	47
3.5.4 Volumen de tráfico.	48
3.5.5 Obtención del Tráfico Actual.	53
3.6 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)	54
3.7 Asignación del tráfico proyectado.	65
3.8 Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico.	66
3.9 Determinación de ejes equivalentes.	67
3.10 Cálculo de número de ejes de cargas equivalentes (8.2 Ton) para pavimento flexible (ESAL´s).	69
3.11 Conclusiones	71
CAPÍTULO 4.....	73

4. DISEÑO GEOMÉTRICO	73
4.1 Criterios de diseño.....	73
4.2 Clase de carretera	73
4.3 Normas de diseño.....	74
4.3.1 Velocidad de diseño.....	76
4.3.2 Radio mínimo de curvas horizontales.....	77
4.3.3 Pendientes máximas y mínimas.....	77
4.3.4 Determinación de las curvas verticales.....	77
4.3.5 Secciones típicas adoptadas.....	80
4.3.6 Sección típica para los dos tramos, 1er tramo 0+000 – 2+304.22, segundo tramo 3+600 – 5+287.69	80
4.4 Estudios topográficos	82
4.5 Levantamiento topográfico	82
4.6 Diseño y dibujo del proyecto horizontal y vertical	83
4.7 Alineamiento horizontal y vertical.....	84
4.7.1 Resumen proyecto horizontal	84
4.7.2 Resumen proyecto vertical	87
4.8 Diseño geométrico de intercambiadores	89
4.9 Diseño de señalización y seguridad vial	89
4.9.1 Alcance	90
4.9.2 Señalización horizontal.....	90
4.9.3 Señalización vertical.....	93
Condiciones generales para la utilización y aplicación de señales verticales.....	93
4.9.4 Diseño y uso de las señales verticales	93
4.9.5 Localización de las señales verticales.....	93

4.10 Conclusiones.....	100
CAPITULO 5.....	101
5. DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	101
5.1 Introducción.....	101
5.2 Objetivos.....	101
5.3 Desarrollo de la vía.....	101
5.3.1 Reconocimiento de campo.....	101
5.3.2 Generalidades del pavimento.....	102
5.4 Alternativas según los tipos de pavimento.....	102
5.4.1 Pavimento flexible.....	103
5.4.2 Pavimento adoquinado o articulado.....	104
5.5 Clima y lluvias.....	105
5.6 Geología de la zona.....	106
5.7 Análisis de la sub-rasante e investigación del sub-suelo.....	106
5.8 Fuentes de materiales de construcción.....	108
5.9 Metodología empleada en el diseño.....	110
5.9.1 Metodología empleada para el diseño de pavimento flexible.....	110
5.9.2 Metodología empleada para el diseño de pavimento articulado.....	111
5.10 Datos De Tráfico.....	113
5.11 Diseño de pavimentos.....	115
5.11.1 Parámetros generales que intervienen en el diseño de pavimentos flexible y articulado.....	115
5.11.2 Diseño de espesores del pavimento flexible.....	121
5.11.3 Diseño de pavimento articulado.....	135
5.12 Conclusiones.....	159

Recomendaciones.....	159
CAPITULO 6.....	160
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	160
6.1 Generalidades.....	160
6.2 Información utilizada	160
6.3 Determinación del caudal máximo.....	163
6.3.1 Coeficiente de escorrentía.....	165
6.3.2 Intensidad de la precipitación	167
6.3.3 Periodo de retorno (Tr)	167
6.3.4 Tiempo de concentración.....	168
6.3.5 Área de aportación.....	168
6.4 Diseño de obras de drenaje	173
6.4.1 Diseño de cunetas	174
6.4.2 Diseño de sumideros.....	174
6.4.3 Diseño de alcantarillado pluvial	187
CAPÍTULO 7.....	194
7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	194
7.1 Resumen Ejecutivo.....	194
7.2 Ficha Técnica.	197
7.3 Marco legal e institucional.....	198
7.4 Definición de área referencial.	199
7.5 Caracterización y diagnóstico del área de influencia del proyecto (Línea base).	201
7.5.1 Componentes físicos.....	201
7.5.2 Características bióticas.	212
7.5.3 Medio social y económico	213

7.5.4 Aspectos Arqueológicos.....	220
7.5.5 Transporte.....	226
7.5.6 Inventario forestal.....	226
7.5.7 Diagnóstico ambiental	227
7.5.8 Etapa Constructiva:.....	227
7.6 Descripción del proyecto.	229
7.6.1 Antecedentes.....	229
7.6.2 Objetivo	230
7.6.3 Análisis de Alternativas.....	235
7.7 Identificación y evaluación de impactos ambientales.....	236
7.7.1 Actividades del proyecto.....	236
7.7.2 Evaluación de los impactos ambientales.....	240
7.7.3 Valoración de los impactos ambientales.....	241
7.8 Determinación del área de influencia.....	246
7.8.1 Área de influencia directa.	247
7.8.2 Área de influencia indirecta	247
7.9 Plan de manejo ambiental	247
7.9.1 Medida para la prevención y control de la contaminación del aire.	248
7.9.2 Medida para la prevención y control del ruido.....	248
7.9.3 Manejo de desechos sólidos de campamento y obra.	249
7.9.4 Medida para la conservación de la flora.....	249
7.9.5 Medida de educación y concientización ambiental	250
7.9.6 Fichas de plan de manejo ambiental.....	250
7.10 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental	260
CAPÍTULO 8	261

8. PRESUPUESTO.	261
8.1 Antecedentes.	261
8.2 Definición.....	261
8.3 Parámetros que intervienen en el cálculo de un presupuesto.	261
8.4 Cronograma valorado.....	263
8.5 Curva de inversión.	263
8.6 Presupuestos, cronogramas y curvas de inversión.	263
CAPÍTULO 9	272
9. ANALISIS ECONOMICO- FINANCIERO.	272
9.1 Introducción.	272
9.2 Tipos de Análisis.....	272
9.2.1 Determinación del análisis.....	273
9.3 Calculo de beneficios valorados.....	274
9.3.1 Ingresos.....	274
9.4 Evaluación económica financiera.....	282
9.4.1 Egresos.....	283
9.5 Parámetros utilizados para determinar la viabilidad del proyecto.....	286
9.5.1 Valor Actual Neto (VAN)	286
9.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	289
9.5.3 Análisis de Costo- Beneficio (B/C)	292
CONCLUSIONES	294
RECOMENDACIONES	295
LISTA DE REFERENCIAS	296

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Recorrido de los 2 tramos del proyecto.	10
<i>Figura 2.</i> Mapa de riesgo sísmico en el Ecuador.	17
<i>Figura 3.</i> Mapa de Zonificación Sísmica.....	18
<i>Figura 4.</i> Mapa de Riesgo Volcánico en el Ecuador.	20
<i>Figura 5.</i> Obtención de muestras en campo.	21
<i>Figura 6.</i> Muestra inalterada de talud kilómetro 3+800.. ..	22
<i>Figura 7.</i> Toma de Muestras – Ensayo (CBR).	31
<i>Figura 8.</i> Toma de Muestra Inalterada – Ensayo (Triaxial).	35
<i>Figura 9.</i> Ubicación del sector El Troje, donde se obtendrá el material de préstamo. ...	37
<i>Figura 10.</i> Esquema de Clasificación vehicular por Ejes.	46
<i>Figura 11.</i> Área de Influencia del Proyecto.	48
<i>Figura 12.</i> Sección Transversal Típica.. ..	81
<i>Figura 13.</i> Gráfico de Curva Horizontal.	85
<i>Figura 14.</i> Esquema de Curva Vertical.	87
<i>Figura 15.</i> Líneas de Pare en Intersección con Señal Vertical de Pare.	91
<i>Figura 16.</i> Líneas de División de Carriles.	92
<i>Figura 17.</i> Líneas de Borde.	92
<i>Figura 18.</i> Esquema del comportamiento estructural del Pavimento Flexible.	103
<i>Figura 19.</i> Sección del pavimento articulado	104
<i>Figura 20.</i> Esquema general del Pavimento Articulado (Adoquinado.	105
<i>Figura 21.</i> Elementos que componen un pavimento articulado.	137
<i>Figura 22.</i> Estructura de un pavimento articulado.....	138
<i>Figura 23.</i> Clasificación de Adoquines por su Forma.	141
<i>Figura 24.</i> Aparejos de Colocación de Adoquines.	141
<i>Figura 25.</i> Consideraciones de Drenaje en Pavimentos Articulado.	143
<i>Figura 26.</i> Ábaco para resolver la ecuación de Diseño	151
<i>Figura 27.</i> Tramos de diseño de la Vía de Borde al Camino del Inca.	161
<i>Figura 28.</i> Ubicación de estaciones meteorológicas en la ciudad de Quito.	162
<i>Figura 29.</i> Régimen Pluviométrico de la Estación M003 – Izobamba.	163
<i>Figura 30.</i> Sección Típica, vía en terraplén.	168

<i>Figura 31.</i> Esquema de elementos de la vía.	173
<i>Figura 32.</i> Cuneta tipo.	174
<i>Figura 33.</i> Sumidero tipo.	175
<i>Figura 34.</i> Ubicación de sumideros.	177
<i>Figura 35.</i> Sumidero de ventana.	178
<i>Figura 36.</i> Sumidero de Ventana.	179
<i>Figura 37.</i> Sumidero de reja.	180
<i>Figura 38.</i> Sumidero de reja.	181
<i>Figura 39.</i> Sumidero de reja de calzada.	182
<i>Figura 40.</i> Área de Influencia del Proyecto.	200
<i>Figura 41.</i> Camino del Inca.	220
<i>Figura 42.</i> Camino de los Incas.	220
<i>Figura 43.</i> Implantación del Camino de los Incas.	221
<i>Figura 44.</i> Camino de los Incas.	224
<i>Figura 45.</i> Camino de los Incas.	225
<i>Figura 46.</i> Área de Campamentos	233
<i>Figura 47</i> Curva de Inversión de pavimento flexible.....	264
<i>Figura 48</i> Curva de inversión de pavimento articulado.....	268

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Datos generales de ubicación del proyecto</i>	9
Tabla 2. <i>Aceleración en proporción de la gravedad según la zona sísmica</i>	19
Tabla 3. <i>Ensayos de laboratorio realizados a las muestras obtenidas en campo.</i>	22
Tabla 4. <i>Ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas</i>	23
Tabla 5. <i>Ensayos de laboratorio realizados a las muestras inalteradas.</i>	24
Tabla 6. <i>Clasificación AASHTO del suelo donde se implantará este proyecto.</i>	25
Tabla 7. <i>Valores de Carga Unitaria Tipo para Ensayo de CBR.</i>	32
Tabla 8. <i>Cuadros de Valores de CBR de Diseño.</i>	33
Tabla 9. <i>Propiedades Físicas de los materiales pétreos.</i>	38
Tabla 10. <i>Uso del material pétreo de las diferentes minas</i>	38
Tabla 11. <i>Análisis poblacional</i>	49
Tabla 12. <i>Crecimiento poblacional del Ecuador por provincias</i>	50
Tabla 13. <i>Población Futura</i>	51
Tabla 14. <i>Tráfico pesado actual</i>	52
Tabla 15. <i>Porcentaje de vehículos livianos de la provincia de Pichincha.</i>	53
Tabla 16. <i>Tráfico actual según tipo de vehículo</i>	54
Tabla 17. <i>Valores de TPDA al 2013</i>	55
Tabla 18. <i>Tasa de crecimiento anual de tráfico (%) (2013)</i>	56
Tabla 19. <i>TPDA proyectado</i>	57
Tabla 20. <i>TPDA total para automóviles</i>	59
Tabla 21. <i>TPDA total para camionetas</i>	60
Tabla 22. <i>TPDA total para buses</i>	61
Tabla 23. <i>TPDA total para camiones 2D</i>	62
Tabla 24. <i>TPDA total para camiones 3A</i>	63
Tabla 25. <i>TPDA total para camiones T3-S2</i>	64
Tabla 26. <i>Valores de TPDA total acumulado</i>	65
Tabla 27. <i>Valores de TPDA según tipo de vehículo</i>	66
Tabla 28. <i>Clasificación de carreteras en función del TPDA según el MPO</i>	67
Tabla 29. <i>Valores de factor de carga equivalente</i>	68
Tabla 30. <i>Resumen de valores de factor de carga equivalente</i>	69

Tabla 31. <i>Porcentaje de vehículos por carril de diseño</i>	70
Tabla 32. <i>Resultados de número de ejes equivalentes</i>	71
Tabla 33. <i>Valores Límites de Diseño</i>	74
Tabla 34. <i>Normas de diseño recomendados por el Ministerio de Obras Pública</i>	75
Tabla 35. <i>Radios Mínimos Absolutos</i>	76
Tabla 36. <i>Curvas Verticales Convexas y Cóncavas Mínimas</i>	78
Tabla 37. <i>Peraltes, sobre anchos y longitudes X, L para el diseño</i>	79
Tabla 38. <i>Elementos de la Sección Transversal</i>	81
Tabla 39. <i>Lista de Puntos GPS (Sistema de Coordenadas TMQ)</i>	83
Tabla 40. <i>Cálculo de alineamiento horizontal</i>	86
Tabla 41. <i>Calculo de alineamiento vertical</i>	88
Tabla 42. <i>Localización Recomendada para Señales Preventiva</i>	94
Tabla 43. <i>Resumen de Señalización Vertical</i>	98
Tabla 44. <i>Calificación de los materiales para determinados usos en obra</i>	109
Tabla 45. <i>Número de ejes Equivalentes</i>	113
Tabla 46. <i>Clasificación de Carreteras de acuerdo al tráfico.</i>	114
Tabla 47. <i>Periodos de Diseño en función del tipo de vía</i>	115
Tabla 48. <i>Niveles de Confiabilidad de acuerdo a la función de la vía</i>	116
Tabla 49. <i>Valores de Zr en función de la confiabilidad</i>	117
Tabla 50. <i>Módulo resiliente MR en base al CBR del suelo</i>	119
Tabla 51. <i>Índice de Serviciabilidad</i>	119
Tabla 52. <i>Índice de serviciabilidad</i>	120
Tabla 53. <i>Valor de Soporte California (CBR)</i>	121
Tabla 54. <i>Valor de Soporte California (CBR)</i>	121
Tabla 55. <i>Capacidad de Drenaje</i>	122
Tabla 56. <i>Valores para modificar los Coeficientes estructurales</i>	123
Tabla 57. <i>Factor de drenaje para el Camino de borde al Camino de los Incas</i>	124
Tabla 58. <i>Módulos de Elasticidad de los materiales de Capas Estructurales</i>	124
Tabla 59. <i>Abaco para estimar el coeficiente estructural de la capa asfáltica “a1”</i>	125
Tabla 60. <i>Abaco para estimar el coeficiente estructural de la base granular “a2”</i>	126
Tabla 61. <i>Ábaco para estimar el numero estructural de la Sub-Base granular “a3”</i> ...127	

Tabla 62. <i>Espesores mínimos de capa en función de ESAL's</i>	129
Tabla 63. <i>Diseño de Pavimento flexible</i>	133
Tabla 64. <i>Requerimientos Granulométricos para Arena utilizada en Colchón</i>	139
Tabla 65. <i>Número de ejes Equivalentes para 10 y 20 años</i>	145
Tabla 66. <i>Niveles de Confiabilidad de acuerdo a la función de la vía</i>	146
Tabla 67. <i>Valores de Zr en función de la confiabilidad</i>	147
Tabla 68. <i>Índice de Serviciabilidad</i>	149
Tabla 69. <i>Parámetros generales para diseño articulado</i>	150
Tabla 70. <i>Capacidad de Drenaje</i>	153
Tabla 71. <i>Valores para modificar los Coeficientes estructurales</i>	154
Tabla 72. <i>Factor es de drenaje adoptado</i>	155
Tabla 73. <i>Diseño de pavimento articulado</i>	157
Tabla 74. <i>Coeficiente de Escorrentía "C"</i>	165
Tabla 75. <i>Calculo de Coeficiente de Escurrimiento en función de una constante (k)</i> ...	166
Tabla 76. <i>Ecuación I-D-F de la estación Meteorológica Izobamba</i>	167
Tabla 77. <i>Caudales de Diseño</i>	169
Tabla 78. <i>Cálculo del número de sumideros de reja de calzada</i>	184
Tabla 79. <i>Coeficientes de rugosidad "n"</i>	188
Tabla 80. <i>Velocidades máximas permisibles</i>	190
Tabla 81. <i>Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial</i>	192
Tabla 82. <i>Ficha Técnica</i>	197
Tabla 83. <i>Ubicación geográfica del proyecto</i>	200
Tabla 84. <i>Resumen de clasificación AASHTO</i>	202
Tabla 85. <i>Análisis poblacional</i>	214
Tabla 86. <i>Crecimiento poblacional según provincias</i>	215
Tabla 87. <i>Análisis de población actual</i>	216
Tabla 88. <i>Análisis de población futura</i>	217
Tabla 89. <i>Datos Porcentuales de Servicios Básicos</i>	219
Tabla 90. <i>Cantidades de obra para pavimento flexible</i>	237
Tabla 91. <i>Cantidades de obra para pavimento articulado</i>	239
Tabla 92. <i>Valores cualitativos y cuantitativos de impactos ambientales</i>	241

Tabla 93. <i>Matriz de carácter de impacto ambiental</i>	243
Tabla 94. <i>Matriz de Magnitud de impacto ambiental</i>	244
Tabla 95. <i>Matriz de Importancia de impacto ambiental</i>	245
Tabla 96. <i>Cronograma valorado del plan de manejo ambiental</i>	260
Tabla 97. <i>Presupuesto de pavimento flexible</i>	264
Tabla 98. <i>Cronograma valorado del pavimento asfaltado</i>	266
Tabla 99. <i>Presupuesto para pavimento articulado</i>	268
Tabla 100. <i>Cronograma valorado del pavimento adoquinado</i>	270
Tabla 101. <i>Diferencia entre el Análisis Económico y Financiero</i>	273
Tabla 102. <i>Comparación de beneficios ahorro del recorrido</i>	275
Tabla 103. <i>Beneficios valorados al año</i>	276
Tabla 104. <i>Comparación de los costos de cambio de aceite con y sin proyecto</i>	277
Tabla 105. <i>Beneficios valorados al año por cambios de aceite</i>	278
Tabla 106. <i>Beneficios valorados con y sin proyecto</i>	279
Tabla.107. <i>Beneficios valorados al año por amortiguadores</i>	280
Tabla 108. <i>Beneficios valorados al año con y sin proyecto por cambio de zapatas</i>	281
Tabla 109. <i>Beneficios valorados totales en el año</i>	282
Tabla 110. <i>Beneficios valorados para una proyección de 20 años</i>	283
Tabla 111. <i>Presupuesto anual para el mantenimiento vial del pavimento flexible</i>	284
Tabla.112. <i>Presupuesto de mantenimiento vial para el decimo año</i>	285
Tabla 114. <i>Flujo de caja para el cálculo del valor actual neto (VAN)</i>	287
Tabla 115. <i>Flujo de caja para el cálculo del valor actual neto (VAN)</i>	288
Tabla 116. <i>Calculo del TIR para pavimento flexible</i>	289
Tabla 117. <i>Calculo del TIR para adoquinado</i>	291

RESUMEN

El presente trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería Civil tiene como tema "Diseño Definitivo de la Vía de Borde al Camino de los Incas". Este estudio comprende un diseño vial en el cual se han considerado dos aspectos importantes como lo son en primer lugar mejorar el acceso vial de los moradores de los sectores San Martín, Músculos y Rieles, El Troje y Cebauco además de que se colabora con el Instituto de Patrimonio Cultural (INPC) en lo que respecta a definir el límite entre el camino del Inca y la zona ya urbanizada, puesto que existe un proyecto de recuperación de este camino.

Con respecto al diseño se trata de una vía de 3,992 Km dividido en dos tramos, el primero desde San Martín hasta el Troje con una longitud de 2,304 km y el segundo desde ingreso a Ciudad Jardín hasta Cebauco con una longitud de 1,687 km. Para los cuales se presenta dos tipos de alternativas una en pavimento flexible y otra en adoquinado.

Se puede decir que el trabajo realizado se encuentra sustentado con metodologías conocidas y normativas vigentes utilizadas en Ingeniería Civil.

ABSTRACT

The present work of the career of Civil Engineering has like topic " Definitive Design of the Road of Border to the one on the way to the Inca." This study understands a design vial in which have been considered two important aspects as they are in the first place it to improve the access vial of the residents of the sectors San Martin, Músculos and Rieles, The Troje and Cebauco besides that you collaborates with the Institute of Cultural Patrimony (INPC) in what already concerns to define the limit among the one on the way to the Inca and the area urbanized, since a project of recovery of this road exists.

With regard to the design it is about a road of 3,992 Km divided in two tracts, the first from San Martin until Troje with a longitude of 2,304 km and the second from entrance to City Garden until Cebauco with a longitude of 1,687 km. For which he/she shows up two types of alternatives one in flexible pavement and another in paved.

One can say that the carried out work is sustained with well-known and normative effective methodologies used in Civil Engineering.

INTRODUCCIÓN

Mediante el convenio realizado entre la Universidad Politécnica Salesiana y la Administración Zonal Quitumbe se realizó como trabajo de titulación el “Diseño Definitivo de la Vía de Borde del Camino de los Incas” el cual facilitará el acceso de los moradores a los barrios San Martín, Músculos y Rieles, El Troje y Cebauco desde la Avenida Simón Bolívar.

Inicialmente se tenía como alternativa utilizar información de la avenida Simón Bolívar para el estudio pero en reunión con la Administración y el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) nos vimos en la necesidad de utilizar otro tipo de información puesto que el INPC puso en consideración que la vía debía tener limitaciones en cuanto al tráfico de vehículos, ya que la finalidad de esta vía era establecer un límite entre los asentamientos poblacionales y el Camino de los Incas que estaba siendo afectado por las invasiones debido a los problemas sociales de vivienda.

Para lo cual de antemano ya estaba establecido que el retiro desde el eje del Camino de los Incas tenía que ser de 25m por cuanto el ancho de vía estaba limitado a esas condiciones.

El trabajo en primera instancia parte de un Estudio Geológico-Geotécnico el cual nos permite conocer las características mecánicas del suelo donde se quiere implantar el proyecto, el cual servirá posteriormente para el diseño de Pavimentos.

A continuación se procedió a realizar el Estudio de Tráfico el cual es una herramienta fundamental ya que de este dependerá el diseño que se adopte para la vía el mismo que se analizó con normas dadas por la ASSTHO para pavimento flexible.

Este estudio nos permitirá cuantificar los tipos y cantidad de vehículos que pasan por la vía actualmente para luego definir el valor numérico de ejes Equivalentes, los mismos que nos permitirán definir la geometría de la vía en conjunto con el estudio antes mencionado.

En lo que respecta al diseño geométrico debemos indicar que para el caso de esta vía el ancho de calzada ya estaba establecido por parte del INPC y por tal razón el ancho a considerar era de 9m incluido calzada, con la consideración de que no se debe cortar en

ningún lugar el Camino de los Incas a lo largo del diseño vial; por tal razón el diseño que en primera instancia tenía continuidad desde San Martín hasta Cebauco con una longitud de 6Km tuvo que ser modificado y trazado en dos secciones, la primera de San Martín hasta El Troje con una longitud de 2304.22m y el segundo desde ingreso a Ciudad Jardín hasta Cebauco con una longitud de 1687.69m dando una totalidad de 3992m de diseño vial.

El capítulo de Diseño de Pavimentos se lo analizó con los resultados obtenidos de los capítulos anteriores, y utilizando la normativa ASSTHO se determinó la estructura de la vía.

Para nuestro caso el análisis se realizó para pavimento flexible y para adoquinado puesto que al ser una vía que pasa junto al Camino de los Incas entre las condiciones del INPC establecía que la vía sea adoquinada o empedrada de tal manera que no se altere las condiciones naturales de la zona.

Una vez determinado el diseño de la vía y las alternativas de la capa de rodadura se realiza el diseño hidráulico es decir las obras de drenaje del proyecto, en base a un estudio hidrológico se pudo estimar los caudales de diseño para el cálculo sumideros.

Una vez definido el diseño vial se procede a realizar el Estudio de Impacto Ambiental el cual nos permitirá tomar las medidas necesarias de tal manera que las afectaciones al ecosistema y a la población sea el mínimo. Para lo cual se realiza el levantamiento de la línea base la cual nos permite evidenciar cuáles son las condiciones iniciales de la zona antes de la intervención del proyecto de tal manera que en su debido momento podamos tomar las medidas necesarias para mitigar los impactos negativos y a su vez establecer soluciones medio ambientales que permitan recuperar las partes afectadas por donde cruce la vía.

Finalmente se realizó el análisis Financiero del proyecto vial, en donde la primera premisa es que al tratarse de un proyecto de carácter municipal el presupuesto para esta vía no es por ingresos propios sino de los presupuestos asignados para cada Administración Zonal.

Por tal razón se considera que el proyecto es de carácter social y que no generará ingresos económicos de rentabilidad ya que no se prevé construir un peaje lo cual las ganancias serán por ahorros y beneficios para la comunidad y usuarios de la vía.

Para realizar el análisis socio-económico se consideró los vehículos más representativos que harán uso de esta vía, así como del costo de operación vehicular y costos de insumos que se utilizan regularmente para un mantenimiento vehicular con lo cual se verificará si el proyecto es o no viable construirlo.

Todos los estudios y análisis de este proyecto denominado “DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA DE BORDE DEL CAMINO DE LOS INCAS; UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN QUITO, PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA” han sido realizados de inicio a fin por los 3 integrantes del grupo: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde; haciendo hincapié que el compañero Israel Carvajal posee sus derechos de autoría sobre este trabajo de tesis al igual que los otros dos coautores, por si es necesario utilizar sus derechos para un fin crea conveniente.

CAPÍTULO 1.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Administración Zonal Quitumbe preocupada por los problemas viales que aquejan a los barrios del sector sur Oriental de la ciudad de Quito así como también por el crecimiento desordenado de los asentamientos que invaden los terrenos del Camino de los Incas, lo cual es un patrimonio cultural, y con el fin de mejorar el acceso a los barrios y poblaciones aledañas, se ha decidido implementar un proyecto vial y de recuperación llamado: “VIA DE BORDE DEL CAMINO DE LOS INCAS: UBICADO EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTON QUITO, PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA”

Inicialmente la vía de Borde al Camino de los Incas, tiene aproximadamente 6Km de trayecto, el cual comienza desde la Av. Simón Bolívar, en el sector de San Martín, hasta la calle J en el sector de San Juan de Turubamba; a lo largo de su recorrido tiene varias características de acuerdo a la topografía del mismo; la vía se emplaza generalmente en planicie, ladera, cumbre y llanura. La tipología del camino es variada desde un simple desalojo del material superficial, pasando por terrenos agrícolas y sectores con lastre. El trazado del camino se ajusta a su topografía, siendo este sinuoso, en partes recto y levemente curvilíneo. En todo caso, el estado de las vías aledañas así como el posible trayecto de la Vía de Borde al Camino de los Incas, han ido perdiendo sus características y se han deteriorado lo que conlleva a un estudio de evaluación y posterior de restauración así como rectificaciones y la realización de los diseños horizontal y vertical, tipo de rodadura, sistemas de drenaje, obras especiales, impacto ambiental; haciendo que todo esto forme parte del proyecto tesis.

1.1 Tema.

“VIA DE BORDE DEL CAMINO DE LOS INCAS: UBICADO EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTON QUITO, PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA”

1.2 Justificación.

Este proyecto posee algunos factores que justifican la realización del mismo, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Evolución: El crecimiento demográfico de la ciudad de Quito es cada vez mayor y en el sur de la ciudad esto ha hecho que los asentamientos se realicen sin una previa planificación lo cual ocasiona que los barrios existentes no tengan un sistema de vías adecuadas por lo que se hace necesario la construcción de esta vía que será de ayuda para la movilidad y comunicación de los pobladores y adicionalmente se convertirá en una alternativa a la Av. Simón Bolívar.

Cooperación: El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a través de la Administración Zonal Quitumbe y la Universidad Politécnica Salesiana con el afán de dar mayores alternativas y soluciones a la problemática vialidad de la ciudad de Quito emprenden de forma cooperada la realización de estudios para diferentes proyectos y tal es el caso de este de trabajo de tesis que será uno de los proyectos dentro de este acuerdo.

Patrimonio: El proyecto se encuentra bordeando al Camino de los Incas, camino que en los registros del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural INPC consta como un Patrimonio Cultural a nivel regional, razón por la cual en un futuro al realizarse la rehabilitación y recuperación total del Camino de los Incas la vía de borde que se presenta en este estudio tendrá un vinculo directo con este camino siendo parte del trabajo turístico.

Factibilidad: El proyecto debido a que presenta varios beneficios para la ciudad en diferentes aspectos así como social, cultural, ambiental, económico entre otros los cuales dará un mayor impulso para el desarrollo de esta parte de la ciudad.

Económico: En todos los proyectos el factor económico es fundamental para el desarrollo de los mismos, en este caso como es un proyecto de magnitud considerable es de gran importancia hacer énfasis en este punto, es por eso que se presentan dos alternativas; el pavimento flexible y el articulado, los cuales en base a sus características técnico- económicas brindarán ventajas en cuanto a costos mediante técnicas válidas para su determinación.

Social: Socialmente el proyecto aportará de gran manera al desarrollo de esta parte de la ciudad ya que con buenas vías hay mayor comunicación entre los habitantes, existen mayores relaciones comerciales así como la producción agrícola tiene mayores beneficios y con el turismo mejora considerablemente el nivel de vida de una población.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general

- Realizar el diseño vial definitivo de la Vía de Borde del Camino de los Incas para su respectiva construcción.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar el proyecto basándose en técnicas y normativas utilizadas por las diferentes instituciones de la ciudad de Quito.
- Describir y analizar los diferentes estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, de tráfico, etc.
- Determinar el tipo de vía, diseño geométrico y el diseño de pavimento con sus respectivos espesores de diseño.
- Analizar los diferentes tipos de impactos a producirse con este proyecto ya sean, ambientales, sociales, culturales, económicos, etc.
- Realizar la evaluación técnico- económica del proyecto así como los costos operacionales y de mantenimiento durante su vida útil.

1.4 Marco teórico.

El poseer vías en una región cumple una función importante para el desarrollo social de la población quienes allí habitan, pero para su óptimo desempeño se limita a factores como el adecuado mantenimiento, costos de construcción y reconstrucción.

En este caso para dar un óptimo diseño geométrico y estructural de vías en el Ecuador, se tienen que aplicar los manuales y normas vigentes en el ministerio de Transporte y obras Publicas del Ecuador (MTOP) así como las ordenanzas municipales del

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, según requiera el caso también se sustentará de bibliografía de normativas del exterior, publicaciones y apoyo pertinentes al tema.

Para el desarrollo del presente proyecto es conveniente contar con la siguiente información:

- Información existente referente al proyecto
- Cartas Topográficas
- Cartas Geológicas
- Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes MTOP-001-F-2002
- Manual de Diseño Geométrico de carreteras MTOP – 2003
- Información hidrológica del sector

1.5 Marco metodológico.

Las metodologías utilizadas para realizar los cálculos del presente proyecto son las más habituales y aceptadas por la ingeniería civil idónea para el campo de investigación

Los estudios a realizarse en el presente proyecto necesitan ser de fuentes confiables y fidedignas las cuales ayudaran a interpretar de forma correcta la teoría a desarrollarse. Estos estudios permitirán tener un panorama real del proyecto lo cual permitirá conocerlo mejor.

Para el presente proyecto se adoptarán diferentes métodos de investigación, con los cuales se busca recopilar y analizar datos sobre las variables que afecten o intervengan en el diseño geométrico de la vía, además arrojaran resultados teóricos y demás observaciones de campo.

Podemos decir que la investigación científica se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas.

A continuación se describe algunos de los métodos de investigación a utilizarse:

1.5.1 Método descriptivo

Su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada. Este método describe los hechos tal como son observados o percibidos, así como también definir las características de un determinado elemento del proyecto.

1.5.2 Método explicativo

Este método busca encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos que intervienen en el proyecto, siendo el objetivo explicar por qué ocurre este fenómeno y en qué condiciones se da este.

1.5.3 Método analítico

Este método implica el análisis (descomposición), esto es la descomposición de un todo en sus partes o en sus elementos constitutivos, en este proyecto para el análisis de ciertos fenómenos éstos se descompondrán en sus partes.

1.5.4 Método sintético

Este método implica la síntesis (unión), esto es, unión de elementos para formar un todo, en el caso del proyecto éste se divide en muchos elementos como los estudios geológicos, geométrico, hidrológico, ambiental etc. Sin embargo la síntesis no es la suma de los contenidos parciales de una realidad sino que añade a las partes del proyecto algo que solo puede adquirir en el conjunto.

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizara varios estudios existentes del lugar dispuesto para la realización del estudio, los cuales serán facilitados por la Administración Zonal Quitumbe y el MTOP los cuales permitirá un mejor avance y desarrollo del trabajo.

1.6 Descripción del entorno.

Para la descripción del entorno se toman en cuenta tres perspectivas, los cuales son: ubicación geográfica del proyecto, descripción del lugar de implantación y descripción

de las poblaciones a servir. En base a estos puntos y con la información básica de campo se procede a realizar los respectivos análisis.

1.7 Ubicación geográfica del proyecto.

La vía de borde del Camino de los Incas posee la siguiente información geográfica:

Tabla 1.

Datos generales de ubicación del proyecto

UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
País	Ecuador	
Provincia	Pichincha	
Cantón	Quito	
Parroquias	Quitumbe	
	Turubamba	
Longitud de vía (Km)	3,992	
	Punto Inicial	Punto Final
Barrio	San Martín	Cebauco
Coordenadas Datum WGS84	9966230,776 Norte	9960667,479 Norte
	497604,844 Este	496917,381 Este
Cota altitud m.s.n.m	3153,626	3057,809

Nota: Puntos referenciales en coordenadas WGS84. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

1.7.1 Descripción del lugar de implantación.

El lugar de Implantación de la vía proyectada actualmente consta de diferentes tramos y usos de suelo, tras la respectiva visita de campo se pudo observar y constatar lo siguiente:

Inicialmente desde el puente de San Martín (abscisa 0+000Km) hasta la abscisa 0+520km se encuentra un trazado vial conformado con bordillos que llega a la Iglesia de San Martín.

Continuando con el recorrido desde la abscisa 0+520Km se visualiza la implantación de una vía precaria de tierra hasta el final del primer tramo de este proyecto (abscisa 2+285Km) llegando al sector de Músculos y Rieles.

Ya en el inicio del segundo tramo del proyecto (Abscisa 3+600Km), que sería en la intersección entre la calle de entrada al Conjunto habitacional Ciudad Jardín y el trayecto de la vía; se puede observar la presencia de bosque, vegetación así como terrenos agrícolas hasta llegar al final del proyecto a la calle J en el Barrio de Cebauco (Abscisa 5+288Km), una vez visualizado estas características en este tramo final se deberá realizar un nuevo trazado vial el cual se definirá mediante el diseño geométrico de la vía.

1.7.2 Descripción de las poblaciones a servir.

Son distintas las poblaciones quienes serán beneficiadas con el proyecto de la Vía de Borde al Camino de los Incas entre las cuales constan las siguientes:

- Población adyacente a la vía
- Población de sectores cercanos y próximos al proyecto
- Usuarios que tomen la vía como medida alternativa
- Conductores que ingresen a los barrios aledaños al proyecto.

Un sector de las poblaciones aledañas a la vía es de clase laboral, los cuales residen en estos barrios aledaños e inmersos en el proyecto pero sus lugares de labores están fuera del sector siendo una necesidad la vía para un mejor desplazamiento diario.

Otra parte de la población es de tipo comerciante con negocios propios en el sector los cuales requieren el transporte de ingreso y salida de sus mercancías e insumos para el desarrollo de sus negocios.

Adicionalmente se encuentra la población de tipo agrícola, quienes se dedican a la comercialización de productos agrícolas y estos a su vez utilizan la vía como medio de desplazamiento tanto para la salida de sus productos así como para la entrada de insumos para su producción.

CAPÍTULO 2.

2. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

2.1 Introducción

Como parte de los Estudios para el Diseño definitivo de la Vía de Borde del Camino de los Incas, a continuación se presenta el Informe del Estudio Geológico – Geotécnico de la zona en la cual se asentará el proyecto, con el fin de dotar de una carretera funcional y operable durante todas las épocas del año.

2.2 Ubicación del proyecto

Como ya se indicó anteriormente el proyecto en estudio se encuentra localizado en la Provincia de Pichincha, en la zona Sur del Distrito Metropolitano de Quito en la parroquia Turubamba, el mismo que tiene su inicio en la Avenida Simón Bolívar en el sector del Puente de San Martín y como punto de llegada la Calle J en el sector de Cebauco. El presente estudio se lo realizó a lo largo de un eje preliminar que tiene una longitud aproximada de 6 Km, mismo que atraviesa zonas semi-urbanas y zonas agrícolas, el terreno tiene un relieve ondulado a plano, con pendientes bajas. Se pretende constituir una vía alterna para los moradores de este sector de la ciudad, a su vez servirá como base para la rehabilitación del antiguo Camino de Los Incas.

2.3 Alcance del estudio

El objetivo del estudio es obtener las características físicas y mecánicas del suelo para establecer los requerimientos de fundación de la vía, de tal manera que se garantice su vida útil.

Con este estudio se trata de obtener los datos geológicos-geotécnicos, pretendiendo con esta investigación proporcionar información útil para el diseño y construcción entre los que se puede citar: descripción de los tipos de materiales presentes a lo largo del proyecto, taludes para corte y relleno, determinación de sitios inestables, información geológica sobre las áreas de cimentaciones de las obras de arte mayor proyectadas, localización de posibles sitios que puedan servir como fuentes de materiales para la construcción.

Se tomará en cuenta los siguientes parámetros y datos:

- Descripción y clasificación de los materiales del subsuelo.
- Recomendaciones constructivas sobre el movimiento de tierras.
- Definición de las características geotécnicas de la zona de estudio.

Todo ello en base a la información disponible y al estado del subsuelo en el momento del reconocimiento.

2.4 Geomorfología

La ciudad de Quito se encuentra a una altura entre los 2400 y 3200 msnm, en el piedemonte y vertiente oriental de los volcanes Pichincha y Atacazo, que forman parte de la cordillera Occidental de los Andes. La estructura territorial de la ciudad de Quito está fuertemente establecida por sus condiciones geomorfológicas y geológicas, que han incidido históricamente en la formación de la ciudad y de sus barrios.

La zona de estudio presenta un relieve montañoso al inicio de proyecto, ubicado en el Puente de San Martín desde el km 0+000 hasta el km 2+000; a continuación, a partir del km 2+000 hasta el km 3+000 ubicado en el sector Orquídeas del Sur, presenta un relieve relativamente plano con pequeñas ondulaciones a lo largo del sector. A partir del km 3+000 se presenta un relieve plano con pequeñas ondulaciones, a lo largo de este tramo hasta llegar al final del proyecto se identifica suelos agrícolas, sin presencia de quebradas en los barrios Campo Alegre, El Conde, Músculos y Rieles y Cebaúco.

En general a lo largo del proyecto se puede evidenciar, en el Anexo 1, materiales como lava con amigdaloides y basalto con amigdaloides de eras cretácicas; además se puede identificar materiales como Volcano – Sedimentos Machángara y de cangagua de era cuaternaria.

2.5 Tectónica y estructura geológica

El área, donde se desarrolla el Proyecto se encuentra enmarcada en un entorno geodinámico complejo. Al estar rodeado por volcanes y fallas activas, los procesos de sedimentación, volcanismo, tectónica y erosión interactúan entre sí dando como

resultado una cuenca volcano-sedimentaria complicada dentro del denominado Valle Interandino.

El proyecto se ve afectado por varias fallas inferidas, dos de las cuales están muy cercanas, entre 100 a 500 metros de distancia, y dispuestas casi de manera paralela al proyecto. La falla ubicada al costado derecho es una falla cubierta con lado hundido inferido. Estas fallas están cubiertas por depósitos cuaternarios como cangagua (ceniza, lapilli de pómez) y depósitos coluviales.

Es posible que algunas de estas fallas sean débilmente activas e inestables, pero siempre existe una posibilidad de riesgos civiles en la zona.

2.6 Formaciones geológicas y depósitos superficiales

La zona en estudio tiene formaciones geológicas de edades cuaternarias, los depósitos son cenizas, lapilli de pómez, pertenecientes a la Formación Cangagua, con presencia de depósitos coluviales. Bajo las formaciones mencionadas anteriormente, se encuentran depósitos volcano - sedimentos Machángara de edad cuaternaria, y bajo estas se tiene la formación Macuchi de edad cretácica.

De acuerdo al mapa geológico Hoja Quito 65 SE, escala 1:50000, editado por el Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección Nacional de Geología y Minas, se observan las siguientes formaciones geológicas en toda la zona del proyecto.

2.6.1 Formación Macuchi (cretáceo) (KM):

La edad de estas rocas no es exactamente conocida aún, pero la formación en general tiene una edad cretácea. No se evidencia afloramiento en el área del proyecto. Las rocas volcánicas son de dos tipos: lavas y brechas volcánicas. Las lavas son verdes y de grano fino. Amigdaloides pequeños y esferoidales son comunes; están rellenos por clorita y epidota.

Esta formación sirve como base de las rocas Volcano – sedimentos Machángara.

2.6.2 Formación Volcano - sedimentos Machángara (Pleistoceno) (PM):

La edad de estos depósitos es cuaternaria. Es una secuencia de lavas, aglomerados, tobas y sedimentos mal clasificados. No se observan afloramientos en el área del proyecto.

Esta formación se encuentra cubierta por un manto de depósitos coluviales y de cangagua Q_C (ceniza, ce; lapilli de pómez, pz).

2.6.3 Formación volcánica del Atacazo (PA):

La edad de estos depósitos es cuaternaria. Están constituidos por lavas andesíticas porfiríticas de color gris claro a oscuro. No se observa afloramiento cerca del área del proyecto. Esta formación se encuentra cubierta por una capa de depósitos de cangagua.

2.6.4 Formación cangagua (Cuaternario) (Q_C):

Se ha determinado que en sitios donde existan variaciones climáticas y un mayor porcentaje de humedad, la cangagua toma características a limo arcilloso de color negro.

Los depósitos de cangagua (Q_C) yacen sobre unidad inferida Volcánico – Sedimentos Machángara (P_M).

Es un depósito de ceniza (ce) y lapilli de pómez (pz), de color café, que varía de claro a oscuro y contiene material orgánico. Su estructura tiene particularidades homogéneas y presenta espesores más o menos de 50 metros.

La ceniza es una muestra de la formación de la cangagua periclinal, ya que es removida y depositada por los vientos y lluvias. Las cangaguas que se encuentran en el callejón interandino han tenido este proceso de formación geológica durante el periodo cuaternario en forma interrumpida.

2.6.5 Depósito Lagunar de Ceniza (QL):

Es un depósito de edad cuaternaria. Son sedimentos de cenizas horizontales y bien estratificadas, cubren la parte sur oriental de la ciudad de Quito.

2.6.6 Depósitos Coluviales (Holoceno):

En su mayoría son depósitos heredados de la cangagua y recubren las vertientes de quebradas. Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio montañoso, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad.

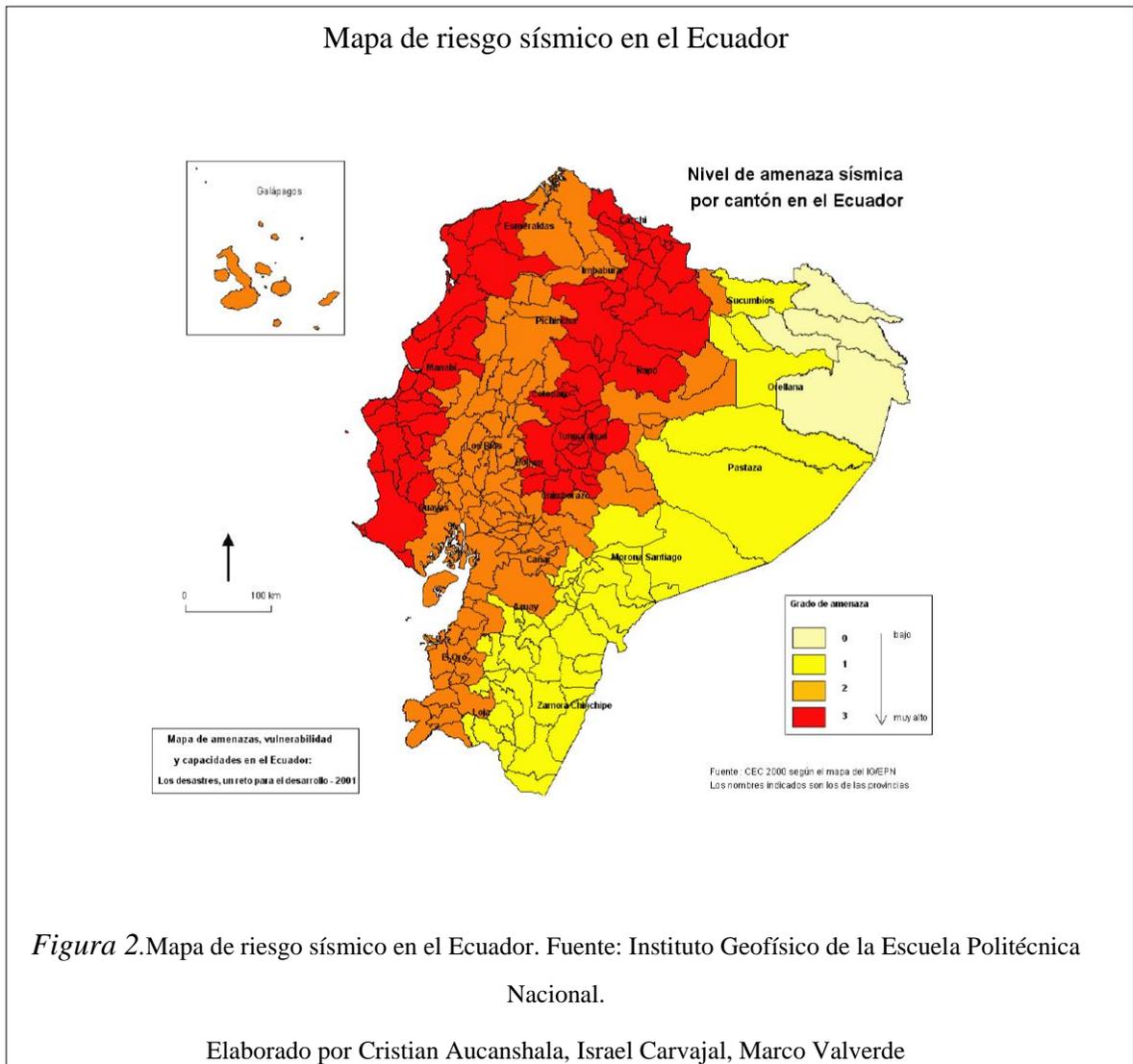
Se caracterizan por contener gravas angulosas a subangulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación.

2.7 Riesgos naturales

Los riesgos naturales que involucran al área del proyecto son de carácter sísmico, volcánico y geodinámico.

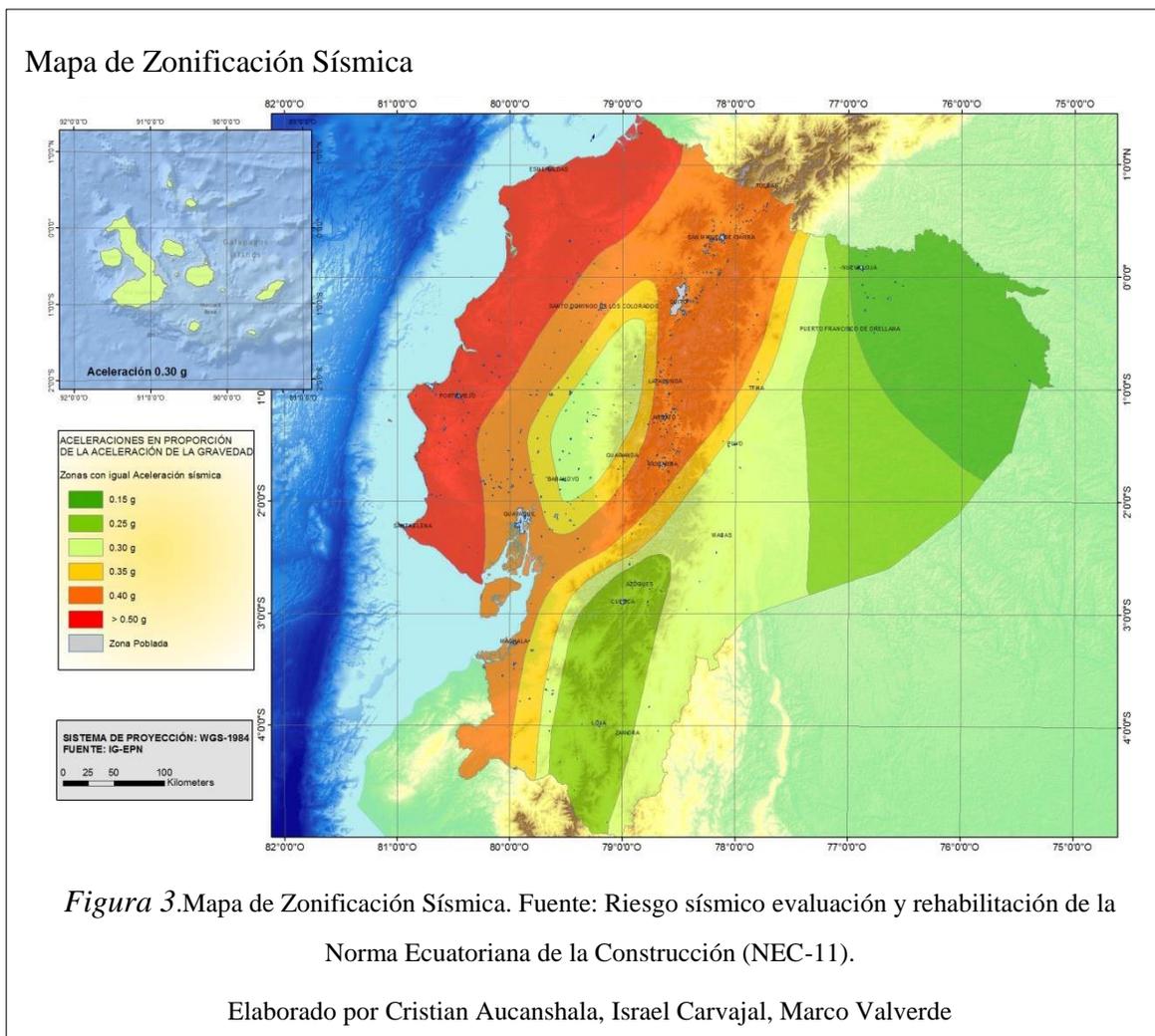
2.7.1 Riesgo sísmico

El riesgo sísmico es el peligro que potencialmente más perjuicios puede causar en el país ya que han tenido las mayores consecuencias negativas a lo largo de la historia. Para determinar los niveles de amenaza física por cantón se tomó como referencia la Zonificación sísmica elaborada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.



De acuerdo al mapa de Riesgo Sísmico del Ecuador, se ha zonificado el territorio nacional de acuerdo al grado de amenaza, donde la zona 0 corresponde a la zona de menor grado de amenaza y la zona 3 a la de mayor grado de amenaza sísmica.

Además para el diseño de obras civiles, es necesario considerar la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), por lo que se consideró lo indicado en el Capítulo 2-Peligro Sísmico y en el Capítulo 3-Riesgo sísmico evaluación y rehabilitación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11).



La zonificación fue definida a partir de la aceleración máxima efectiva en roca, esperada para el sismo de diseño. La aceleración está expresada como fracción de la aceleración

de la gravedad, para la ciudad de Quito la aceleración máxima es del 40% de la gravedad ($g=9.81\text{m/s}^2$); es decir, corresponde a una situación potencial.

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años).

Tabla2.

Aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad según la zona sísmica.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor de zona Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota. Aceleración según riesgo sísmico. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11, Capítulo 2.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Según esto se define que el sector del proyecto a lo largo de la vía está en la zona V por lo que el grado de amenaza será igual a 3, es el de mayor peligro.

En el Mapa Geológico General, se observan las fallas geológicas (falla inferida), de dirección aproximada de Norte – Sur. Estas fallas controlan el depósito y distribución de los sedimentos en Quito y pueden ser origen de sismos en caso de su reactivación.

Los valores de la aceleración del movimiento del suelo en la ciudad de Quito, se establecen a partir de las intensidades pasadas a través de su historia. El “Proyecto de Manejo del Riesgo Sísmico en Quito” (1994) reevalúa a fondo los acontecimientos en la capital, incluida la producida por el terremoto de 1987, que sirvió como calibrador de las intensidades asignadas para los terremotos históricos.

Se han registrado al menos 22 eventos que han sido sentidos con intensidades mayores que grado V durante la historia escrita con que cuenta la capital, 10 de estos eventos han sido mayores al grado VI y 5 eventos mayores al grado VII o más. El más fuerte de 1859 alcanzó una intensidad de grado VIII.

2.7.3 Riesgo geodinámica

El riesgo de deslizamientos es bajo en el período invernal y puede ser probable si caen lluvias intensas y ocurren sismos al mismo tiempo. No se ha identificado en la zona, la presencia de deslizamientos latentes, activos o desencadenados por acción del hombre. En las lomas cubiertas por depósitos de cangagua no hay mayores riesgos de que se activen los deslizamientos

2.8 Investigaciones de suelos y materiales

Luego de los trabajos en campo y ensayos en el laboratorio realizados por el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana, se han obtenido resultados para establecer los espesores mínimos de cada uno de los elementos estructurales de la vía.

2.8.1 Trabajo de campo

Siguiendo la trayectoria del eje de la vía y con el fin de evaluar el suelo de la sub-rasante se realizó calicatas ubicadas por el eje del proyecto en conformidad con las normas del MOP, con una profundidad de 2 metros y aproximadamente a 500 m de distancia entre perforaciones. Las muestras obtenidas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana para determinar su clasificación AASHTO, el CBR de laboratorio y luego el CBR de diseño.

Obtención de muestras en campo



Figura 5. Obtención de muestras en campo.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Además el personal del Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana una muestra inalterada en el talud ubicado en el kilómetro 3+800 para realizar el ensayo Triaxial para determinar el ángulo de reposo.

Muestra inalterada de talud kilómetro 3+800



Figura 6. Muestra inalterada de talud kilómetro 3+800. Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana..

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.8.2 Trabajos de laboratorio

Con las muestras obtenidas de las perforaciones realizadas en campo y posteriormente trasladadas al laboratorio, se realizaron los siguientes ensayos:

Para clasificaciones AASHTO

Tabla 3.

Ensayos de laboratorio realizados a las muestras obtenidas en campo.

<p>Contenido de Humedad Natural (Norma ASTM D 2216). Este ensayo permite determinar la cantidad de agua que tiene el suelo natural expresada como porcentaje en relación a la masa seca del suelo.</p>	
<p>Granulometría por Lavado y Tamizado hasta la Malla No.200, (Norma ASTM D 422). Este ensayo cubre la separación en tamaños de partículas por medio de tamizado.</p>	

<p>Límite Líquido (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar el valor de Índice de Plasticidad, parámetro importante en el reconocimiento entre un limo y una arcilla.</p>	
<p>Límite Plástico (otro de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar al igual que el anterior el Índice de Plasticidad, por diferencia entre los dos ($IP=LL-LP$).</p>	
<p>Clasificaciones de suelos AASHTO (Norma ASTM D 3282), permiten identificar a un determinado tipo de suelo por medio de un símbolo.</p>	

Nota. Pruebas de Laboratorio.

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana- Laboratorio de Suelos y Materiales.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.8.3 Para CBR de laboratorio

Con las muestras alteradas obtenidas desde las calicatas practicadas en campo y posteriormente trasladadas a laboratorio se ejecutó:

Tabla 4.

Ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas.

<p>Compactación Proctor Modificado (Norma ASTM D 1557). Este ensayo cubre la determinación del valor de la densidad seca máxima y la humedad óptima de compactación de laboratorio.</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

CBR de laboratorio (Norma ASTM D 1883). Este ensayo cubre la determinación del valor de soporte de la sub rasante en un suelo alterado y compactado a humedad óptima, para después de la saturación, obtener los valores de penetración para deformaciones patrones dados.



Nota. , “Estudio Geotécnico-Vial para los Estudios de Ingeniería y Diseño Definitivo a Nivel de Carpeta Asfáltica de la Av. Camino de los Incas Fuente: Laboratorio de Suelos UPS.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.8.4 Para Triaxial U-U

Con las muestras inalteradas tipo bloque obtenido desde excavaciones realizadas en campo y posteriormente trasladadas a laboratorio se ejecutó:

Tabla 5.

Ensayos de laboratorio realizados a las muestras inalteradas obtenidas en campo.

<p>Ensayo Triaxial, (Norma ASTM D 2850). Este ensayo permite obtener los indicadores de corte en una probeta cilíndrica de una muestra de suelo inalterada.</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Nota. “Estudio Geotécnico-Vial para los Estudios de Ingeniería y Diseño Definitivo a Nivel de Carpeta Asfáltica de la Av. Camino de los Incas”

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana- Laboratorio de Suelos y Materiales,.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.8.5 Resultados obtenidos

De acuerdo a las Clasificación AASHTO se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6.

Clasificación AASHTO del suelo donde se implantará este proyecto.

RESUMEN DE CLASIFICACIÓN AASHTO			
ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIF. AASHTO	DESCRIPCION DEL SUELO
P1 (C1) - SAN MARTÍN			
0+000	0.5	A-7-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-4 (4)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
P2 (C2) - SAN MARTÍN			
0+500	0.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P3 (C3) - ALTOS DE LA COLINA			
1+000	0.5	A-6 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-7-6 (11)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD

			MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-7-6 (14)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
P4 (C4) - ALTOS DE LA COLINA			
1+500	0.5	A-7-6 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
	1.0	A-4 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CLARO
	1.5	A-7-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
P5 (C14) - EL TROJE			
1+700	0.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ
	1.0	A-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ CLARO
	1.5	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ CLARO
P6 (C5) - EL TROJE			
2+000	0.5	A-7-6 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE

			PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-6 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
P7 (C6) - EL TROJE			
2+500	0.5	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
P8 (C7) - EL TROJE EMMAP			
3+000	0.5	A-7-5 (16)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
	1.5	A-4 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P9 (C8) - CIUDAD JARDÍN			
3+500	0.5	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-4 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE

			COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
P10 (C9) - PARQUE UE			
4+000	0.5	A-7-5 (11)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZO
	1.0	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ NEGRUZO
	1.5	A-7-5 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ NEGRUZO
P11 (C13) - COMPOSTERA			
4+500	0.5	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZO
	1.0	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZO
	1.5	A-4 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ; CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P12 (C10) - BARRIO ROSALES			
5+000	0.5	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZO
	1.0	A-7-5 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR

			NEGRUZO
	1.5	A-7-5 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZO
P13 (C15) - BARRIO ROSALES			
5+250	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZO
	1.0	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZO
	1.5	A-7-5 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P14 (C11) - BARRIO ROSALES			
5+500	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZO (TURBA)
	1.0	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZO (TURBA)
	1.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZO (TURBA)
P15 (C16) - BARRIO ROSALES			
5+750	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZO
	1.0	A-7-5 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZO
	1.5	A-7-5 (3)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ OSCURO
P16 (C12) - PLYWOOD II			

6+000	0.5	A-7-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;COLOR CAFÉ OSCURO

Nota. Resultados del estudio de suelos Fuente: Universidad Politécnica Salesiana- Laboratorio de Suelos y Materiales,”.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

De la tabla se puede determinar dos tramos:

- Tramo 1: que va desde la abscisa 0+000 a 3+500, en el cual los suelo de subrasante en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos según la clasificación AASHTO, y según los ensayos de CBR estos suelos son regulares a malos para subrasante.
- Tramo 2: que va desde la abscisa 3+500 a 6+000, que en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos según la clasificación AASHTO, y según los ensayos de CBR estos suelos son malos para subrasante.

2.8.6 Capacidad portante del suelo (CBR)

Para determinar la capacidad portante del suelo se debe realizar el ensayo de C.B.R., el cual mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73.

Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub – bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

El ensayo da un valor relativo de soporte que es un índice semi-empírico de las características de resistencia y deformación del suelo. Este índice se ha correlacionado con el comportamiento entre el suelo y el pavimento para establecer curvas para determinar el espesor del pavimento.

Toma de Muestras



Figura 7. Toma de Muestras – Ensayo (CBR).

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

El ensayo se realiza a un suelo compactado, el cual se confina en un cilindro de acero. La muestra de suelo compactado tiene 15 cm de diámetro y 12.5 cm de altura; previo a realizar el ensayo, se satura la muestra bajo una presión de confinamiento equivalente al peso del futuro pavimento, para determinar su posible expansión y para representar las peores condiciones de humedad que pudiera ocurrir en la obra. Con pistón de aproximadamente 5 cm de diámetro se golpea contra el suelo a una velocidad de caída libre, para establecer la resistencia a la penetración.

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR. El valor se adopta luego de haber ensayado por lo menos tres muestras de cada perforación. La siguiente formula establece la relación ya indicada:

$$CBR = \frac{CARGA.ENSAYO.}{CARGA.UNITARIA.TIPO} * 100$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación son:

Tabla 7.

Valores de Carga Unitaria Tipo para Ensayo de CBR.

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgadas	MPa	Kg/cm2	psi
2.54	0.1	6.9	70	1000
5.08	0.2	10.3	105	1500

Nota. Valores de carga unitaria para CBR. Fuente: Laboratorio de la Universidad Católica del Norte, Razón De Soporte De Suelos Compactados - Ensayo De C.B.R.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Los valores de CBR obtenidos luego de los ensayos constituyen un dato muy importante para el diseño de pavimento de la vía.

A continuación se indican los resultados obtenidos luego de los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana, en donde se determinó los valores de CBR de Diseño, 11.4% y 8.4%, lo que indica que la capacidad de soporte de la subrasante es baja; a pesar de esto, de acuerdo al diseño de pavimentos, no es necesario colocar una capa de material de mejoramiento.

Tabla 8.
Cuadros de Valores de CBR de Diseño.

Calculo de percentiles 85 (Tramo 1)					
ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCEL TIL 85
0+000	1	13	21	12.5	
0+500	2	16	20	25.0	
1+000	3	11	19	37.5	
1+500	4	8	16	50.0	
1+700	5	20	16	62.5	
2+000	6	21	13	75.0	
2+500	7	19	11	87.5	11.4
3+000	8	16	8	100.0	
CBR DE DISEÑO = 11.4%					

Calculo del percentil 85 (tramo 2)					
ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCEL TIL 85
3+500	1	13	18	12.5	
4+000	2	10	13	25.0	
4+500	3	8	12	37.5	
5+000	4	12	12	50.0	
5+250	5	3	10	62.5	
5+500	6	12	10	75.0	
5+750	7	10	8	87.5	8.4
6+000	8	18	3	100.0	
CBR DE DISEÑO = 8.4%					

Nota. Valores de CBR de Diseño.

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana- Laboratorio de Suelos y Materiales.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.9 Diseño de la estructura vial

En el “Estudio Geotécnico-Vial para los Estudios de Ingeniería y Diseño Definitivo a Nivel de Carpeta Asfáltica de la Av. Camino de los Incas” realizado por Universidad Politécnica Salesiana-Laboratorio de Suelos y Materiales, recomienda que la vía sea de Pavimento Flexible; en el capítulo de Diseño de Pavimentos se analizarán varias alternativas y se adoptará la más óptima en cuanto a su construcción y costo.

Las capas que intervienen en la Estructura del Pavimento son:

2.9.1 Subrasante

Para determinar el CBR de diseño de la sub rasante se utilizarán los CBRs de Laboratorio en estado compactado y sumergido. Con estos resultados se determinará el percentil 85 para obtener el CBR de diseño.

- **Tramo 1**

$$\text{CBR (Diseño)} = 11.40 \%$$

MR (Módulo Resiliente)*

$$2555 * \text{CBR} * 0.61 \text{ (Diseño)} = 2555 * 11.40 * 0.61 = 11274 \text{ PSI}$$

$$11274 \text{ PSI} * 1 \text{ kg/cm}^2 / 14.21 \text{ PSI} = 793 \text{ kg/cm}^2$$

*Se ha aplicado la fórmula de CBR del AASHTO que correlaciona el MR con el CBR.

- **Tramo 2**

$$\text{CBR (Diseño)} = 8.40 \%$$

MR (Módulo Resiliente)*

$$2555 * \text{CBR} * 0.61 \text{ (Diseño)} = 2555 * 8.40 * 0.61 = 9358 \text{ PSI}$$

$$9358 \text{ PSI} * 1 \text{ kg/cm}^2 / 14.21 \text{ PSI} = 658 \text{ kg/cm}^2$$

*Se ha aplicado la fórmula de CBR del AASHTO que correlaciona el MR con el CBR.

2.9.2 Material de mejoramiento

De acuerdo al capítulo del diseño de pavimento, se determinó que no es necesario colocar material de mejoramiento.

2.9.3 Material de sub base

CBR Mínimo = 30.00 %

Módulo Resiliente = 20312 PSI = 1428 kg/cm²

2.9.4 Material de base

CBR Mínimo = 80.00 %

Módulo Resiliente = 36948 PSI = 2500 kg/cm²

2.10 Corte de taludes

A continuación se presentan los resultados de los ensayos triaxiales de la muestra inalterada que se tomó en el sector de entrada a Ciudad Jardín con los cuales se calculará el talud de corte del terreno.

Toma de Muestra Inalterada



Figura 8. Toma de Muestra Inalterada – Ensayo (Triaxial).

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

2.10.1 Resultado del ensayo Triaxial abscisa 3+800:

De acuerdo al “Estudio Geotécnico-Vial para los estudios de Ingeniería y Diseño Definitivo a Nivel de Carpeta Asfáltica de la Av. Camino de los Incas” realizado por Universidad Politécnica Salesiana-Laboratorio de Suelos y Materiales, después de realizar el ensayo Triaxial, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Contenido de agua = 32 %
- Densidad natural = 1604 Kg/m³
- Relación de vacíos = 1.19
- Grado de saturación = 72 %
- Cohesión = 0.579 Kg/cm²
- Ángulo de fricción (ϕ) = 25°

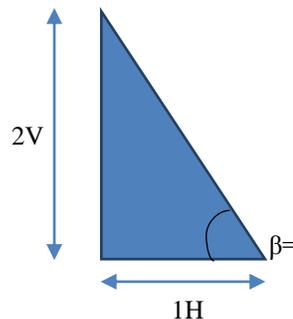
Después del análisis de los resultados del ensayo, se en el estudio realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Politécnica Salesiana, recomienda que el talud deberá ser cortado en un ángulo de reposo de 1H:2V para mantener la estabilidad del mismo.

Para el cálculo de la inclinación del talud se utiliza la siguiente fórmula:

$$\beta = 45 + \phi/2$$

$$\beta = 45 + 25/2$$

$$\beta = 57.5^\circ$$



2.11 Material de préstamo para relleno

Del estudio geotécnico realizado por el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana para el proyecto “Diseño Vial Definitivo de la Av.

Escalón 2”, se determinó que el material de préstamo importado del sector de El Troje (Km 3+000) tiene características admisibles para ser utilizado en todas las obras que necesiten relleno.

Hay que considerar que no se tienen previstos rellenos considerables.

Ubicación del sector El Troje



Figura 9. Ubicación del sector El Troje, donde se obtendrá el material de préstamo.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

2.11.1 Materiales pétreos para conformar la estructura de la vía

Para determinar las fuentes de materiales que servirán para la construcción de la vía motivo de este diseño, se empleará la información del proyecto “Diseño Vial Definitivo de la Av. Escalón 2”, ya que están en el mismo sector y se aprovecha información existente.

En la siguiente tabla se indica los resultados obtenidos de los ensayos a los materiales pétreos de las minas: Pifo, Píntag y Mitad del Mundo.

Tabla 9.
Propiedades Físicas de los materiales pétreos.

Materiales Propiedades	MINA PIFO			MINA DE PINTAG		MINA MITAD DEL MUNDO
	Agregado grueso pasante 1 1/2"	Agregado grueso pasante 1"	Agregado fino	Agregado grueso pasante 1 1/2"	Arena	Arena
CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)	1,21	1,9	5,2	2,2	2,5	5,6
PESO UNITARIO SUELTO (P. U. S) Kg/m ³	1198	1236	1425	1334	1421	1348
PESO UNITARIO COMPACTADO (P. U. C) Kg/m ³	1387	1456	1547	1484	1633	1589
PESO ESPECIFICO (S.S.S) (Pe. S.S.S) Kg/m ³	2580	2632	2463	2375	2468	2439
ABSORCION (ABS) %	2,21	1,69	4,03	2,97	6,25	6,68
DESAGASTE A LA ABRASION (D. A) %	29,6	28,2	----- --	25,2	----- ----	-----

Nota. Propiedades de los materiales de construcción Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-laboratorio de ensayos de materiales, “Estudio Geotécnico para el Diseño Vial Definitivo de la Av. Escalón 2”.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en estos ensayos, se puede determinar el uso del material pétreo de las diferentes minas de la siguiente manera:

Tabla 10.
Uso del material pétreo de las diferentes minas

MINA	USO
PIFO	Material de mejoramiento
	Material para sub bases
	Material para bases
	Agregado grueso para mezclas asfálticas
	Agregado para hormigones con cemento Portland
SAN ANTONIO	Material de mejoramiento
	Agregado fino para hormigones
PINTAG	Material de mejoramiento
	Material para sub bases
	Material para bases
	Agregado grueso para mezclas asfálticas
	Agregado para hormigones con cemento Portland

Nota. Materiales de construcción de minas cercanas al proyecto. Fuente: Universidad Politécnica Salesiana-laboratorio de ensayos de materiales, “Estudio Geotécnico para el Diseño Vial Definitivo de la Av. Escalón 2”. Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

2.12 Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los resultados de los ensayos de campo y laboratorio se realizan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

2.12.1 Conclusiones

- El terreno en donde se asentará la vía tiene un relieve ondulado a plano, sin presencia de grandes pendientes. La vía atraviesa zonas semi-urbanas desde el km 0+000 hasta el km 3+000 y desde el km 5+500 al km 6+000; en el tramo 3+000 al 5+500 atraviesa principalmente suelos agrícolas.
- Se identifica varias fallas geológicas, dos de las cuales están muy cercanas y pueden afectar gravemente en caso de su reactivación.

- Desde el punto de vista geológico, los terrenos presentes en la zona de estudio abarcan formaciones geológicas de edades cuaternarias. Los depósitos son cenizas, lapilli de pómez, pertenecientes a la Formación Cangagua, con presencia de depósitos coluviales. Bajo las formaciones mencionadas anteriormente, se encuentran depósitos volcánico - sedimentos Machángara de la misma edad, y bajo estas se tiene la formación Macuchi de edad cretácica.
- El proyecto se encuentra dentro de una zona de alto peligro sísmico, el valor del factor de zona, según el Mapa de Zonificación Sísmica, es de 0.40, que representa una fracción de la aceleración de la gravedad, lo que se debe tomar en cuenta para los cálculos de diseño.
- Respecto al riesgo volcánico, el proyecto tiene un grado de amenaza 3; es decir, en caso de erupciones volcánicas puede ser afectado gravemente.
- Debido a que la vía se encuentra en la parte alta donde el terreno varía de ondulado a plano, no hay riesgos por deslizamientos.
- Los Ensayos CBR permiten distinguir 2 tramos el primero que va desde la abscisa 0+000 a 3+500 el segundo desde la abscisa 3+500 a la abscisa 6+000, por lo que se recomienda utilizar en el diseño estructural vial los siguientes CBRs: Tramo 1 CBR DE 11.40% y Tramo 2 CBR DE 8.40% .
- El suelo de subrasante en el Tramo 1 en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos regulares a malos para subrasante, con CBR DE 11.40%, mientras en el Tramo 2 en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos malos para subrasante, con CBR DE 8.40%; pese a esto, de acuerdo al diseño de pavimentos, no será necesario colocar material de mejoramiento como subrasante, ya que el tráfico que se tendrá en la vía será bajo, mismo que se transformará en cargas pequeñas a soportar por la estructura del pavimento.
- De acuerdo a la estratigrafía el suelo de sub rasante resulta ser homogéneo entre tramos.

2.12.2 Recomendaciones generales

- Se debe considerar como etapa de verano el periodo comprendido entre los meses de junio a octubre, para ser tomada en cuenta durante la planificación de la obra.
- Para la conformación de la obra básica se debe retirar todo material inadecuado, esto es, raíces, material orgánico, basura y escombros.
- En la excavación y conformación de la sub rasante se debe mantener el bombeo del 2% en el sentido transversal de la vía para evacuar las aguas lluvia y que el suelo no se sature.
- En caso de realizarse variantes debido al mejoramiento del trazado se recomienda en etapa constructiva determinar el CBR, y compararlo con los obtenidos en el presente estudio. De obtenerse valores igual o mayor al CBR de diseño para ese tramo se mantendrán los diseños estructurales, de lo contrario se realizará un nuevo diseño para ese tramo.
- En los tramos cóncavos es conveniente elevar la rasante de la vía para tener facilidad en la evacuación de las aguas lluvias.
- Se debe tener especial cuidado en las obras de drenaje para las aguas lluvias a fin de obtener una evacuación inmediata hacia las descargas que se diseñarán en el capítulo de drenaje vial.
- El talud correspondiente a la abscisa 3+800 en general deberá ser cortado en ángulos de reposo de 1H:2V para mantener la estabilidad del mismo.
- Se debe tener en cuenta adicionalmente que el talud se encontrará cargado de agua durante la etapa invernal, por lo que se recomienda utilizar en el proceso constructivo tratamientos de drenaje e impermeabilización.
- En cuanto a la calidad de los materiales a utilizarse en la construcción de la vía, se recomienda referirse a las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP – 001 – F 2002, o similares vigentes. De acuerdo a la calidad del material pétreo y a la variedad de usos que se le puede dar para conformar la estructura de la vía, se debe considerar a la Mina Pifo, como la más útil y de mejores características físicas.

- Para la elección de los diferentes materiales pétreos, es necesario analizar tanto la parte económica, como la disponibilidad de los mismos al momento de la construcción.
- Para la elaboración de hormigones se deberán usar los agregados de las minas ya indicadas. Para la elaboración de elementos especiales y que necesiten alta resistencia se usará un hormigón $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$; para elementos estructurales de hormigón armado se usará un hormigón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$; y para la construcción de cunetas, bordillos, aceras, replantillos, muros de hormigón ciclópeo, etc., se usará un hormigón $f'c= 180 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO 3.

3. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1 Antecedentes

La Administración Zonal Quitumbe preocupada por el Buen Vivir de los moradores del sector sur de la ciudad se ha propuesto construir una vía de Borde al camino de los Incas de tal manera que se mejore el ingreso a este sector desde la Avenida Simón Bolívar y a su vez quede definida la zona de protección del Camino de los Incas el cual es una prioridad por parte del Instituto de patrimonio Cultural de Quito, el mismo que tiene un proyecto de ciclo vía para el camino que en la actualidad se encuentra deteriorado.

Las vías existentes en un recorrido realizado por el sector se encuentran en mal estado y en ciertos tramos como San Martín, el Troje y Cebauco son los únicos lugares donde el acceso a estos barrios la calzada es medianamente buena; por tal razón es necesario realizar un diseño vial de este sector de tal manera que exista una continuidad entre los barrios y no se deba utilizar como única alternativa la circulación por la Av. Simón Bolívar.

3.2 Alcance

El presente estudio de tráfico forma parte del estudio del Diseño definitivo de la Vía de Borde del Camino de los Incas el mismo que busca generar el entorno más apropiado para el progreso de este sector ubicado en el Sur del Distrito Metropolitano de Quito.

Este análisis permitirá recopilar, procesar y analizar información del tránsito vehicular en el sector de San Martín, Músculos y Rieles, El Troje y Cebauco que nos servirán como base para la formulación del diagnóstico de flujo vehicular de tal manera que permita realizar una proyección del crecimiento vehicular en el sector de influencia del proyecto además de proporcionar la información suficiente para generar las alternativas de diseño geométrico de la infraestructura vial

3.3 Métodos de conteo vehicular

Para definir la cantidad de vehículos que circulan en un determinado sector se puede utilizar los siguientes métodos:

- **Origen y destino** Permite caracterizar el flujo de los viajes sobre las vías existentes y potenciales del proyecto, además, permiten identificar los viajes de corto y largo itinerario.
- **Contadores vehiculares** Consiste en la medición directa en campo y en lugares estratégicamente seleccionados de los volúmenes de tránsito, estableciéndose tres tipos de Aforos Vehiculares:
 - Aforos Automáticos 24 horas 7 días de la Semana.
 - Aforos Manuales de 12hrs.
 - Aforos históricos de tránsito registrados en la EPMOP.
- **Factor de crecimiento** Consiste en realizar un análisis estadístico del crecimiento demográfico ya que con el aumento de la población se crea una mayor demanda de viajes y a este se le asocia el factor de crecimiento del parque automotor.

De lo indicado anteriormente se puede concluir que para el presente estudio se utilizará el método de Factor de crecimiento puesto que el proyecto vial es sectorizado; es decir será de utilidad para los habitantes que se encuentran junto al Camino de los Incas que está considerado como una zona de protección por parte del Instituto de Patrimonio Cultural el mismo que tiene como proyecto de recuperación de este camino con la finalidad de convertirlo en una Ciclo vía a fin de que sirva a la colectividad por tal razón es imprescindible limitar el uso de esta vía para tráfico pesado.

3.4 Elección del método de conteo vehicular

Elegir el método de conteo vehicular idóneo para cada proyecto depende de las características que presente el mismo, o sea de la cantidad de vehículos que circulen o de la proyección de crecimiento vehicular que se tenga previsto.

En el caso de la vía en estudio, durante la realización del levantamiento topográfico se realizaron conteos manuales de los vehículos que circulaban en ciertos tramos donde era

posible contabilizarlos (ver anexos3), los cuales arrojaban resultados irrelevantes con los cuales no era posible tener un panorama claro e idóneo para la estimación del tráfico, razón por lo cual se optó por realizar el conteo vehicular mediante el método de factor de crecimiento.

3.5 Método de factor de crecimiento

El método de factor de crecimiento consiste en realizar un análisis estadístico del crecimiento demográfico de la zona donde se pretende realizar el proyecto vial ya que con el aumento de la población se crea una mayor demanda de viajes y se le asocia el factor de crecimiento del parque automotor.

El método de factor de crecimiento es el que más se adapta a las características del proyecto por varias razones entre las cuales se menciona las siguientes:

- La mayor parte del trayecto vial no está definido y en su mayoría es intransitable para los vehículos por lo que estos prefieren tomar la Av. Simón Bolívar como alternativa siendo mínimo el número de automotores para realizar un conteo manual o automático.
- En lugares donde no se tienen vías similares o no hay vehículos circulantes para realizar un conteo vehicular se utiliza la proyección del crecimiento demográfico como la opción más idónea.
- La Av. Simón Bolívar es una vía de grandes proporciones en todo sentido como número de tráfico así como número de carriles en comparación a la vía de borde del camino de los incas, por lo que no se puede hacer una comparación idónea entre estas.
- Teniendo como restricción que la vía debe tener una ancho máximo de 6m en calzada y 3m de acera, al ser consultadas las empresas usuarias de transporte pesado respondieron que tomarían esta vía solamente como alternativa al cerrarse la Av. Simón Bolívar por razones emergentes de lo contrario se preferiría esta última como vía a utilizarse, por lo que la vía en estudio requiere este tipo de conteo distinto a la de la Av. Simón Bolívar.

3.5.1 Caracterización del tráfico

La clasificación de los vehículos se encuentran defidas de la siguiente manera:

- Livianos
- Camionetas
- Buses
- Pesados

Clasificación Vehicular

Clasificación vehicular por ejes		
Tipo	Vehículo	Características
Automóviles		Corresponde a todo vehículo que no tenga doble llanta en el eje trasero
Camionetas		Furgonetas y camionetas
Buses		Vehículos que se dedican al transporte de pasajeros
2D		Todo vehículo que tenga doble llanta en el eje trasero
3A		Todo vehículo que tenga doble llanta en sus dos ejes traseros
T3-S2		Corresponde a los vehículos tipo 3A pero con remolque de dos eje

Figura 10. Esquema de Clasificación vehicular por Ejes. Fuente: Autores.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

3.5.2 Conteo volumétrico de tráfico.

En el presente estudio el conteo de tráfico se divide se realizan dos diferentes procedimientos para la obtención de los valores de números de vehículos livianos y pesados.

El número de vehículos livianos se obtuvo en función de la población que vive en las zonas por donde tiene incidencia el proyecto con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) y con la proporción de vehículos por cantidad de personas que habitan en la ciudad, parámetro obtenido del Plan de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025.

Para la obtención del valor del número de vehículos pesados, se realiza una encuesta en campo en el sector de la calle J; puesto que la vía es paralela a la avenida Simón Bolívar que se conecta con el parque industrial.

3.5.3 Pronostico de tráfico.

3.5.3.1 Tráfico futuro.

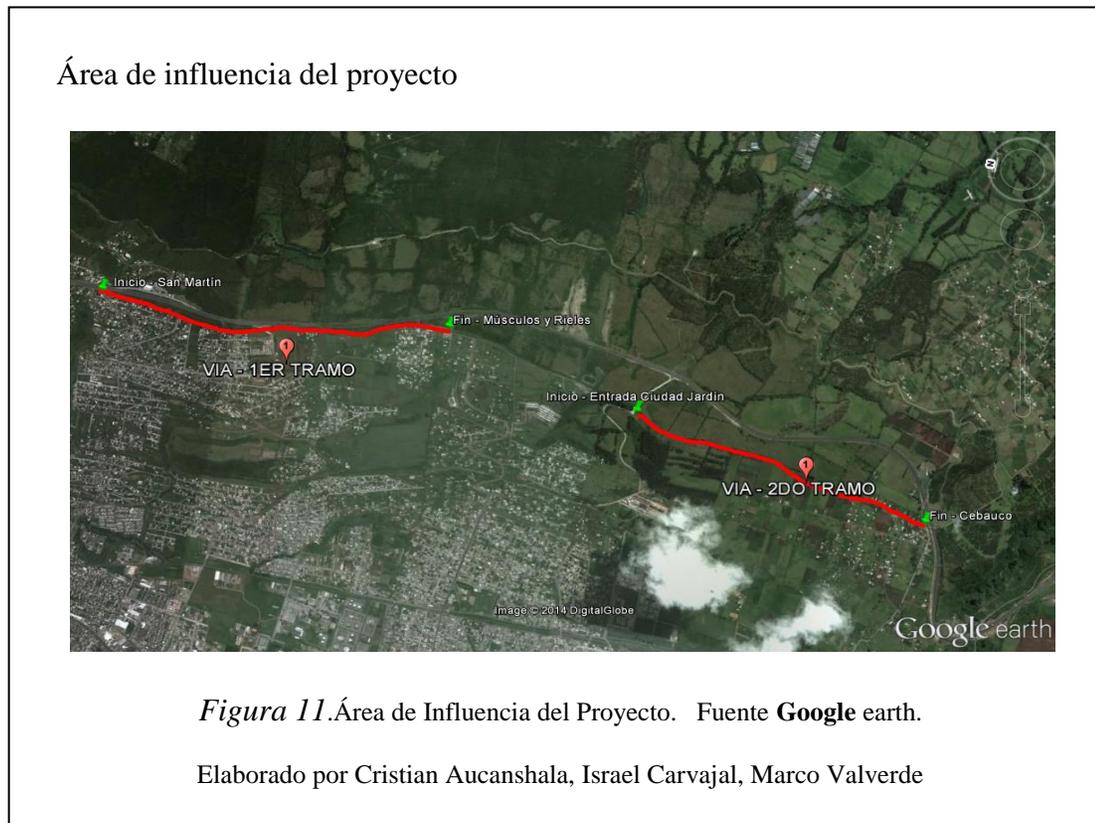
Para determinar el volumen de tráfico a futuro nos basamos en el tráfico actual de la provincia de Pichincha, esto se los determina para un periodo de 15 a 20 años.

El presente proyecto vial tiene 2 alternativas de diseño los cuales poseen su respectivo periodo de vida útil, en este caso la alternativa del pavimento flexible y articulado poseen el mismo periodo de vida útil de 20 años.

Para los dos casos se consideró los diferentes factores que influyen en el crecimiento del tráfico vehicular como son: tráfico generado, desarrollado, inducido; los cuales se desarrollarán mas adelante.

3.5.4 Volumen de tráfico.

El volumen de tráfico de una vía es lo que indica la cantidad y el tipo de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico. La unidad generalmente usada es el tráfico promedio diario (TPD), El volumen de tráfico posee la siguiente área de influencia:



3.5.4.1 Determinación del tráfico liviano.

Para determinar el tráfico liviano utilizando el método de crecimiento poblacional iniciamos determinando el número de habitantes en el sector de influencia del proyecto para lo cual utilizamos la información proporcionada por parte del INEC, el cual clasifica por zonas a la ciudad de Quito, lo que permite definir de manera más apropiada el número de habitantes en el sector del proyecto.

Las Zonas de influencia dadas por el análisis poblacional, se las puede observar en los planos de detalle dados por el INEC, los mismos que se encuentran en el apartado de planos.

Tabla 11.
Análisis poblacional

Análisis poblacional.									
Edad	Z 406	Z 407	Z408	Z 287	Z 286	Z 410	Z 412	Z 413	Z 416
Menor de 1 año	1	1	1	1	2	1	1	1	1
De 1 a 4 años	5	6	5	5	6	6	5	4	5
De 5 a 9 años	7	7	7	6	8	8	6	6	6
De 10 a 14 años	6	7	7	6	8	8	6	5	7
De 15 a 19 años	7	6	6	6	7	6	5	4	5
De 20 a 24 años	6	7	5	6	8	5	4	4	5
De 25 a 29 años	5	6	5	5	7	6	4	4	5
De 30 a 34 años	5	5	4	4	6	5	4	5	5
De 35 a 39 años	4	4	4	4	5	4	4	4	4
De 40 a 44 años	3	3	3	3	4	3	3	3	3
De 45 a 49 años	3	3	3	3	5	3	2	2	3
De 50 a 54 años	2	2	2	2	3	2	2	1	2
De 55 a 59 años	2	2	1	2	2	2	1	1	1
De 60 a 64 años	1	1	1	1	2	1	1	1	1
De 65 a 69 años	1	1	0	1	1	1	0	0	1
De 70 a 74 años	1	1	0	1	1	1	0	0	1
De 75 a 79 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0
De 80 a 84 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 85 a 89 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 90 a 94 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 95 a 99 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 100 años y mas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	60	62	55	57	76	63	49	45	57

Nota. Datos poblacionales del sector del proyecto. Fuente: INEC 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Del análisis poblacional del Censo del 2010 determina que el número de habitantes en el sector beneficiarios del proyecto es de **523 habitantes**.

Tabla 12.

Crecimiento poblacional del Ecuador por provincias

Población y tasa de crecimiento según provincia			
Nombre de provincia	2001	2010	Tasa de crecimiento
Santa Elena	235.713	308.693	3,00%
Santo Domingo	286.832	368.013	2,77%
Morona Santiago	115.412	147.940	2,76%
Esmeraldas	431.174	534.092	2,38%
Pichincha	2.101.080	2.576.287	2,70%
Los Ríos	650.178	778.115	2,00%
Zamora	76.601	91.376	1,96%
Guayas	3.069.157	3.645.483	1,91%
Azuay	603.434	712.127	1,84%
Cotopaxi	349.726	409.205	1,75%
Orellana	86.493	136.396	5,06%
Sucumbíos	128.995	176.472	3,48%
Pastaza	61.779	83.933	3,41%
Galápagos	18.640	25.124	3,32%
Napo	79.139	103.697	3,00%
Santa Elena	235.713	308.693	3,00%
Manabí	1.186.101	1.369.780	1,60%
Tungurahua	441.034	504.583	1,50%
El oro	525.763	600.659	1,48%
Chimborazo	403.632	458.581	1,42%
Loja	404.835	448.966	1,15%
Cañar	206.981	225.184	0,94%
Bolívar	169.370	183.641	0,90%

Carchi	152.939	164.524	0,81%
Total	12.156.608	14.483.499	1,95%

Nota. Crecimiento poblacional del país por provincias. Fuente: INEC 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

De la tabla anterior se toma el valor de la tasa de crecimiento anual ($i = 2,7$ que corresponde al 2010 en la provincia de Pichincha.

$$P_n = P_o * (1 + i)^n$$

Donde:

P_n = Población proyectada

P_o = Población Inicial

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años

Tabla 13.
Población Futura

Población proyectada		
Año	Población	N
2010	523	0
2011	537	1
2012	552	2
2013	567	3

Nota. Análisis de crecimiento poblacional Fuente: INEC 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Según el Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009 – 2025, en la ciudad de Quito tendrá una proporción de 250 vehículos por cada 1000 habitantes, por consiguiente:

N° de vehículos Livianos = $(567*250/1000) = 142$ vehículos

3.5.4.2 Determinación del tráfico pesado

Tabla 14.

Tráfico pesado actual

	Tráfico actual				
	Carga vehicular	Buses	Camiones		
			2D	3A	T3-S2
EMPRESA	Acero de los Andes			2	8
	Akzo Novel				7
	Tocarvi				10
	Santos CMI				2
	Topesa				2
	Ideal Alambrec		15	12	12
	Novacero		10	15	8
	Proquimsa		6	6	2
	Eternit		15	8	12
	Trans Alambrec				10
	Renovallanta		2	2	4
	Trujillo		12	12	8
	Transporte Adicional		16		
	Trans. Planeta	20			
	Coop. Vencedores	20			
	Total	40	76	57	85

Nota. Tráfico pesado en el sector del proyecto. Fuente: Encuesta en Campo

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.5.5 Obtención del Tráfico Actual.

Este análisis lo realizamos utilizando el porcentaje de vehículos livianos de acuerdo al censo del INEC y a la cantidad de vehículos pesados cuantificados en el sector del parque industrial

Tabla 15.

Porcentaje de vehículos livianos de la provincia de Pichincha.

Tipo de vehículos	N°	%
Automóvil	206118	79,43
Camioneta	53391	20,57
Total	259509	100

Nota. Cantidad de vehículos livianos en la provincia de pichincha. Fuente: INEC

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Cabe resaltar que para el análisis de TPDA se toma porcentajes de tráfico pesado en lo que corresponde a camiones tipo 2D, 3A y T3- S2 puesto que al existir vías como la Simón Bolívar y Escalón 1 la utilización de la vía en estudio está limitado a situaciones emergentes. Es por esto que la utilidad según una encuesta en campo se determinó que la vía para camiones está limitado a: 70% para camiones de tipo 2D, 20% para camiones tipo 3A y 10% para camiones tipo T3-S2.

Con lo que para el análisis del TPDA se considera los siguientes valores:

Tabla 16.

Tráfico actual según tipo de vehículo

Tipo de vehículo	N°	%
Automóvil	113	44,21
Camioneta	29	11,45
Bus	40	15,68
2D	53	20,85
3A	11	4,47
T3-S2	9	3,33
TOTAL	255	100,00

Nota. Resumen de vehículos en el sector del proyecto. Fuente Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.6 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para obtener este parámetro en el caso de nuestra vía, partimos de los valores de tráfico actual (TA), los cuales deben ser afectados con dos tipos de factores uno mensual y otro diario para obtener el (TPDA) de acuerdo a la normativa ASSHTO.

$$TPDA = TA * F_m * F_d$$

Donde:

TPDA= Tráfico promedio diario anual.

TA= Tráfico Actual.

Fm, Fd = Factores mensual y diario respectivamente.

Estos factores mensual y diario fueron proporcionados por la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP-Q), estos factores se toman a partir del día y mes en el cual fueron realizadas las observaciones, ya que estos son establecidos de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona. Para el caso del presente proyecto las observaciones se realizaron el día miércoles del mes de enero que es cuando se tiene época invernal en la ciudad de Quito por tal razón estos factores afectan negativamente por el motivo de que se reduce el flujo vehicular por las condiciones de la vía; por lo tanto los valores son los siguientes:

Tabla 17.
Valores de TPDA al 2013

Tipo de vehículo	N°	Fm	Fd	TPDA
Automóvil	113	1,07	0,88	106
Camioneta	29			28
Bus	40			38
2D	53,2			50
3A	11,4			11
T3-S2	9			8
TOTAL	255			240

Nota. Análisis de TPDA al inicio del proyecto. Fuente: EPMMOP

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

En el cuadro se determina que el TPDA del año inicial del análisis de estudio es decir 2013 es de 240 vehículos.

Para el caso de nuestro estudio se ha considerado realizar las proyecciones de tráfico por medio del método geométrico, en los que se toma en cuenta aspectos como por ejemplo el tiempo, tráfico actual, y una tasa incremental del tráfico.

Para lo cual se considera la siguiente ecuación:

$$T_n = TPDA * (1 + r)^n$$

Donde:

T_n= Tráfico en cualquier año **n** (tráfico proyectado T_p).

TPDA= Tráfico promedio diario anual a proyectar.

r= Tasa de crecimiento anual del tráfico.

n= Horizonte de proyección.

En el caso de nuestro proyecto por la cercanía a la avenida Simón Bolívar se ha considerado factible utilizar la información de crecimiento vehicular de los estudios realizados por el EPMMOP de esta avenida.

Tabla 18.

Tasa de crecimiento anual de tráfico (%) (2013)

Años	Livianos	Buses	Pesados
2010-2015	3.28	3.50	3.00
2015-2020	4.36	3.50	4.00
2020-2025	4.36	3.50	4.00
2025-2030	4.36	3.50	4.00

Nota. Crecimiento anual de tráfico. Fuente: EPMMOP

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

A partir de los datos obtenidos tenemos los siguientes valores de TPDA proyectado:

Tabla 19.
TPDA proyectado

Años	n	Auto	Cam	Bus	Camión			Total
					2D	3A	T3-S2	
2013	0	106	28	38	50	11	8	240
2014	1	110	28	39	52	11	8	248
2015	2	113	29	40	53	11	8	256
2016	3	121	31	42	56	12	9	271
2017	4	126	33	43	59	13	9	282
2018	5	131	34	45	61	13	10	294
2019	6	137	36	46	63	14	10	306
2020	7	143	37	48	66	14	11	319
2021	8	149	39	50	69	15	11	332
2022	9	156	40	51	71	15	11	346
2023	10	163	42	53	74	16	12	360
2024	11	170	44	55	77	17	12	375
2025	12	177	46	57	80	17	13	390
2026	13	185	48	59	83	18	13	406
2027	14	193	50	61	87	19	14	423
2028	15	201	52	63	90	19	14	441
2029	16	210	54	65	94	20	15	459
2030	17	219	57	68	98	21	16	478
2031	18	229	59	70	101	22	16	498
2032	19	239	62	72	106	23	17	518
2033	20	249	65	75	110	24	18	540

Nota. TPDA proyectado p Fuente: EPMMOP

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Una vez definido el tráfico proyectado se realiza el incremento de tráfico generado (TG), desarrollado (TD), desviado (Td), los cuales se incrementan con los siguientes porcentajes.

- **Tráfico generado (TG).**- corresponde al número de viajes contabilizados una vez terminado el proyecto.

Según la normativa AASHTO es $(5\% - 25\%)* TA$

Asumir = 15%

- **Tráfico desarrollado (TD).**- el mismo que corresponde al tráfico que se generará en función del desarrollo económico del sector.

Según la normativa AASHTO es $(5\% - 8\%)* TA$

Asumir = 6%

- **Tráfico desviado (Td).**- corresponde al volumen de vehículos que harán uso de la vía para acortar distancia, costos o tiempo de circulación.

Según la normativa AASHTO es $(5\% - 8\%)* TA$

Asumir = 6%

A continuación se presenta los valores de TPDA total según el tipo de vehículo.

Tabla 20.
TPDA total para automóviles

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	106	16	6	6	135
2014	110	16	7	7	139
2015	113	17	7	7	144
2016	121	18	7	7	153
2017	126	19	8	8	160
2018	131	20	8	8	167
2019	137	21	8	8	174
2020	143	21	9	9	182
2021	149	22	9	9	190
2022	156	23	9	9	198
2023	163	24	10	10	207
2024	170	25	10	10	216
2025	177	27	11	11	225
2026	185	28	11	11	235
2027	193	29	12	12	245
2028	201	30	12	12	256
2029	210	32	13	13	267
2030	219	33	13	13	279
2031	229	34	14	14	291
2032	239	36	14	14	303
2033	249	37	15	15	317

Nota. TPDA para automóviles. Fuente Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 21.
TPDA total para camionetas

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	28	4	2	2	35
2014	28	4	2	2	36
2015	29	4	2	2	37
2016	31	5	2	2	40
2017	33	5	2	2	41
2018	34	5	2	2	43
2019	36	5	2	2	45
2020	37	6	2	2	47
2021	39	6	2	2	49
2022	40	6	2	2	51
2023	42	6	3	3	54
2024	44	7	3	3	56
2025	46	7	3	3	58
2026	48	7	3	3	61
2027	50	7	3	3	63
2028	52	8	3	3	66
2029	54	8	3	3	69
2030	57	9	3	3	72
2031	59	9	4	4	75
2032	62	9	4	4	79
2033	65	10	4	4	82

Nota. TPDA para camionetas. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 22.
TPDA total para buses

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	38	6	2	2	48
2014	39	6	2	2	50
2015	40	6	2	2	51
2016	42	6	3	3	53
2017	43	6	3	3	55
2018	45	7	3	3	57
2019	46	7	3	3	59
2020	48	7	3	3	61
2021	50	7	3	3	63
2022	51	8	3	3	65
2023	53	8	3	3	67
2024	55	8	3	3	70
2025	57	9	3	3	72
2026	59	9	4	4	75
2027	61	9	4	4	77
2028	63	9	4	4	80
2029	65	10	4	4	83
2030	68	10	4	4	86
2031	70	10	4	4	89
2032	72	11	4	4	92
2033	75	11	4	4	95

Nota. TPDA para buses. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 23.
TPDA total para camiones 2D

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	50	8	3	3	64
2014	52	8	3	3	66
2015	53	8	3	3	67
2016	56	8	3	3	72
2017	59	9	4	4	74
2018	61	9	4	4	77
2019	63	10	4	4	80
2020	66	10	4	4	84
2021	69	10	4	4	87
2022	71	11	4	4	91
2023	74	11	4	4	94
2024	77	12	5	5	98
2025	80	12	5	5	102
2026	83	13	5	5	106
2027	87	13	5	5	110
2028	90	14	5	5	115
2029	94	14	6	6	119
2030	98	15	6	6	124
2031	101	15	6	6	129
2032	106	16	6	6	134
2033	110	16	7	7	139

Nota. TPDA camiones 2D. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 24.

TPDA total para camiones 3A

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	11	2	1	1	14
2014	11	2	1	1	14
2015	11	2	1	1	14
2016	12	2	1	1	15
2017	13	2	1	1	16
2018	13	2	1	1	17
2019	14	2	1	1	17
2020	14	2	1	1	18
2021	15	2	1	1	19
2022	15	2	1	1	19
2023	16	2	1	1	20
2024	17	2	1	1	21
2025	17	3	1	1	22
2026	18	3	1	1	23
2027	19	3	1	1	24
2028	19	3	1	1	25
2029	20	3	1	1	26
2030	21	3	1	1	27
2031	22	3	1	1	28
2032	23	3	1	1	29
2033	24	4	1	1	30

Nota. TPDA para camiones 3 A. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 25.

TPDA total para camiones T3-S2

Años	TP	TG	TD	Td	TPDA
2013	8	1	0	0	10
2014	8	1	0	0	10
2015	8	1	1	1	11
2016	9	1	1	1	11
2017	9	1	1	1	12
2018	10	1	1	1	12
2019	10	2	1	1	13
2020	11	2	1	1	13
2021	11	2	1	1	14
2022	11	2	1	1	14
2023	12	2	1	1	15
2024	12	2	1	1	16
2025	13	2	1	1	16
2026	13	2	1	1	17
2027	14	2	1	1	18
2028	14	2	1	1	18
2029	15	2	1	1	19
2030	16	2	1	1	20
2031	16	2	1	1	21
2032	17	3	1	1	21
2033	18	3	1	1	22

Nota. TPDA camiones T3 S2. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 26.

Valores de TPDA total acumulado

Años	Auto	Cam	Bus	Camión			Total
				2D	3A	T3-S2	
2013	135	35	48	64	14	10	305
2014	139	36	50	66	14	10	315
2015	144	37	51	67	14	11	325
2016	153	40	53	72	15	11	344
2017	160	41	55	74	16	12	359
2018	167	43	57	77	17	12	373
2019	174	45	59	80	17	13	389
2020	182	47	61	84	18	13	405
2021	190	49	63	87	19	14	422
2022	198	51	65	91	19	14	439
2023	207	54	67	94	20	15	457
2024	216	56	70	98	21	16	476
2025	225	58	72	102	22	16	496
2026	235	61	75	106	23	17	516
2027	245	63	77	110	24	18	537
2028	256	66	80	115	25	18	560
2029	267	69	83	119	26	19	583
2030	279	72	86	124	27	20	607
2031	291	75	89	129	28	21	632
2032	303	79	92	134	29	21	658
2033	317	82	95	139	30	22	685

Nota. TPDA acumulado. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.7 Asignación del tráfico proyectado.

Una vez que se han realizado los análisis para la estimación de tráfico del proyecto se ha determinado que para el año inicial y para los periodos de diseño el tráfico según el tipo de vehículo es:

Tabla 27.
Valores de TPDA según tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	TPDA		
	0 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
Livianos	135	207	317
Camionetas	35	54	82
Buses	48	67	95
2D	64	94	139
3 A	14	20	30
T3-S2	10	15	22
TOTAL	305	457	685

Nota. Resumen de TPDA para 10 y 20 años del proyecto. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.8 Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico.

Para el diseño y clasificación de la vía se utiliza las especificaciones del MOP, que recomienda el tipo de vía en función de los pronósticos de tráfico, los mismos que tienen que estar en un periodo de tiempo entre 15-20 años.

Conforme con lo analizado se tiene que para un periodo de 20 años el resultado del TPDA para el proyecto es de 685 vehículos, lo cual nos indica que la vía es de TIPO III en referencia al MOP, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Tabla 28.

Clasificación de carreteras en función del TPDA según el MPO

CUADRO DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TPDA PROYECTADO (MOP)	
CLASE DE CARRETERA R-I O R-II	TPDA
I	más de 8000
II	3000 a 8000
III	1000 a 3000
IV	300 a 1000
V	100 a 300
	menos de 100

Nota. Clasificación de las Carreteras según MOP. Fuente: MOP

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.9 Determinación de ejes equivalentes.

Obtención del factor de carga equivalente según el tipo de eje de acuerdo a las Normas AASHTO.

Eje simple (rueda simple):

$$FCE = \left(\frac{P}{6,66} \right)^4$$

Eje simple (rueda doble):

$$FCE = \left(\frac{P}{8,20} \right)^4$$

Eje tándem (rueda doble):

$$FCE = \left(\frac{P}{15,45} \right)^4$$

Tabla 29.

Valores de factor de carga equivalente

Tipo de vehículo	Eje Simple		Eje Simple		Eje Tandem	
	Peso	F:C:E	Peso	F:C:E	Peso	F:C:E
Livianos	1.00	0.0005				
	1.00	0.0005				
Camionetas	1.00	0.0005				
	2.00	0.0081				
Bus	5.50	0.4651	10.00	2.211		
2D	6.00	0.6587	12.00	4.586		
3A	6.00	0.6587			20.00	2.808
T3-S2	6.00	0.6587			20.00	2.808
					20.00	2.808

Nota. Factores de carga equivalente. Fuente: Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 30.
Resumen de valores de factor de carga equivalente

Tipo de vehículo		F.C.E
Livianos		0,001
Camionetas		0,008
Bus		2,676
	2D	5,245
camión	3A	3,466
	T3-S2	6,274

Nota. Factores de carga equivalente. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

3.10 Cálculo de número de ejes de cargas equivalentes (8.2 Ton) para pavimento flexible (ESAL's).

Para la determinación de este parámetro se realiza mediante la siguiente fórmula, la cual está definida por la norma de diseño AASHTO.

$$ESAL's = TPDA_{medio} * FCE * DDT * PCE * n * 365$$

Donde:

TPDA medio = valor promedio de tráfico entre el año inicial y el correspondiente al periodo de diseño.

FCE = factor de carga equivalente.

DDT = % de distribución direccional de tránsito.

PCD = % de vehículos pesados en el carril de diseño.

n = periodo de diseño

Tabla 31.

Porcentaje de vehículos por carril de diseño

Carriles	% Vehículos pesados en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

Nota. Porcentaje de vehículos por carril. Fuente: AASHTO (1993)

.Elaborado: Israel Carvajal, Cristian Aucanshala, Marco Valverde

En nuestro caso al ser una vía de un carril por sentido adoptaremos 100% de acuerdo a la normativa AASHTO.

En lo que corresponde al valor de distribución direccional se toma el 50% puesto que se considera un flujo vehicular igual en los dos sentidos.

Entonces, se tiene que para un valor de DDT = 100% y para un valor de PCD = 50% se tiene los siguientes resultados de número de ejes equivalentes.

Tabla 32.
Resultados de número de ejes equivalentes (ESAL's)

Tipo de vehículos livianos	F.C.E	Periodos de Diseño			
		10		20	
		TPDA	ESAL'S	TPDA	ESAL'S
Livianos	0,001	170,78	312	255,78	824
Camionetas	0,008	44,23	646	58,47	1707
Bus	2,676	57,65	281562	71,51	698424,81
2D	5,245	78,89	755187	101,51	1943272,6
3A	3,466	16,91	106938	21,75	275175,66
T3-S2	6,274	12,61	144331	16,22	371398,41
		63,51	1288976	87,54	3290802,48

Nota. Resultados de ejes equivalentes para 10 y 20 años.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

En el análisis se puede determinar el número de ejes equivalentes según el periodo de diseño. Los valores obtenidos permitirán el diseño estructural de la vía.

En el diseño estructural se adopta los valores de ESAL's para 10 años, el mismo que nos permite definir los espesores de los materiales que conformaran dicha capa de rodadura.

Los valores de ESAL's 20 años nos servirán una vez cumplido el periodo de los 10 primeros años para realizar la repavimentación de la vía y garantizar la vida útil de la misma.

3.11 Conclusiones

El análisis de tráfico valora la cantidad de vehículos que circulan actualmente y dar una proyección a futuro de la misma para definir el tipo de vía de acuerdo a las especificaciones del MOP para carreteras y la normativa AASTHO.

El estudio de tráfico nos permite definir una alternativa del tipo de pavimento más adecuado para la vía en función del número de vehículos que circularan por la misma de acuerdo al tiempo de vida útil.

Finalmente este análisis permite definir el tipo de vehículo predominante en la zona de estudio.

CAPÍTULO 4.

4. DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1 Criterios de diseño

Dentro de los parámetros básicos de diseño geométrico se consideró la topografía del sitio, las características del tráfico, el volumen vehicular, la velocidad máxima regida por norma de diseño, las restricciones debido a que el proyecto se encuentra paralelo a un área protegida, al tipo de vía existente y la aplicación de la ley de tránsito de acuerdo a la zona donde se encuentra la vía, sufriendose las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – 2003, adoptadas por el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador y el Manual de Diseño MOP-001-E.

Para el diseño geométrico del proyecto, se realizó un estudio preliminar de aproximadamente 5.755 kilómetros, seguido del diseño geométrico definitivo sobre una faja topográfica de ± 50.00 metros de ancho.

Durante el desarrollo del presente proyecto, después de varias visitas de campo y de descartar un tramo en el sector del Troje por que ya existe un vía de pavimento asfáltico, se determinó que se diseñarán dos tramos; el primero de 2304.22 metros que va desde el sector de San Martín (abscisa 0+000) hasta el sector de Músculos y Rieles (abscisa 2+304.22), y el segundo tramo de 1687,69 metros que va desde la entrada a Ciudad Jardín (abscisa 3+600.00) hasta el sector de Cebauco (abscisa 5+287.69). La longitud total de los dos tramos diseñados es 3991,91 metros.

4.2 Clase de carretera

Hay un tramo existente en funcionamiento, aproximadamente de una longitud de 860 metros que va desde el inicio del proyecto en el sector de San Martín hasta el sector del Mirador Alto; de acuerdo a las normas que tiene vigentes el Ministerio de Obras Públicas, MTOP- 2003, y de acuerdo al TPDA de 240 vehículos, calculado en el capítulo Estudio del Tráfico, este tramo corresponde a un Camino Clase IV de 1 calzada y 2 carriles, uno por cada sentido.

El nuevo diseño comprende la rectificación y mejoramiento de la vía existente y el diseño de nuevos tramos; de acuerdo a lo analizado en el capítulo anterior, para un

periodo de 20 años el resultado del TPDA para el proyecto es de 685 vehículos, lo cual nos indica que la vía es de TIPO III en referencia al MOP en terreno ondulado de 1 calzada y 2 carriles, uno por cada sentido.

4.3 Normas de diseño

En la ejecución del diseño geométrico de la vía se utilizaron las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – 2003, adoptadas por el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador, el Manual de Diseño MOP-001-E, el Manual de Caminos Vecinales MTOP-1984 y las ordenanzas vigentes en el Distrito Metropolitano de Quito.

En la Tabla 1, se indican los valores normativos de diseño recomendados por el Ministerio de Obras Públicas, además de la ordenanza municipal Ord-3746 Normas de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito.

*Tabla 33.
Valores Límites de Diseño*

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (KPH)	Coefficiente de fricción lateral	Radio mínimo (m)	Pendiente Máxima (%)	Coefficiente “K” curvas verticales convexas	Coefficiente “K” curvas verticales cóncavas	Peralte Máximo (%)
Llano	100	0.127	350	3	60	38	10
Ondulado	80	0.140	210	6	28	24	10
Montañoso	60	0.152	90	8	12	13	10
Escarpado	50	0.164	80		8	7	10

Nota. Límites de diseño para vías. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Una vez definido el peralte máximo, el coeficiente de fricción máximo y la velocidad de diseño, podemos determinar el radio mínimo absoluto, el cual dará condiciones de comodidad y seguridad en el viaje. Estos radios mínimos absolutos para las velocidades indicadas, son usados en situaciones extremas, se ha evitado su incorporación sorpresiva en tramos que superan las características mínimas.

Tabla 34.

Normas de diseño recomendados por el Ministerio de Obras Pública.

Nota. Normas de diseño vial. diseño para vías. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras

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	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	LL
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	90	70	90	80	60	80	60	60	50	40	35
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	275	160	275	210	110	210	110	43	210	110	30
Distancia de visibilidad para paradas (m)	180	160	110	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	35
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	640	490	640	565	345	640	565	415	270	480	290
Peralte	MAXIMO = 10%														
Coefficiente "K" para:	0,5%														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%														
Ancho de pavimento (m)	7,3														
Clase de pavimento	Carpetas Asfáltica y Hormigón														
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0														
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾	- 4,0													
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO														
Puentes	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES														
Ancho de la calzada (m)	Segun el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley														
Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾	0,50 m mínimo a cada lado														
Mínimo derecho de vía (m)	LL = TERRENO PLANO 0 = 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 el 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 el 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 analisis 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 guardas 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, usense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- 8) Para tramos ligeros 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.

Tabla 35.
Radios Mínicos Absolutos

Velocidad de diseño (KPH)	Peralte recomendad o % (e máx)	Fricción Lateral (f máx)	Factores e+f	Radio Mímino	
				Calculado	Redondeado
30	10.0	0.180	0.260	27.26	30.00
40	10.0	0.172	0.2522	49.95	50.00
50	10.0	0.164	0.244	80.68	80.00
60	10.0	0.157	0.237	119.61	120.00
70	10.0	0.149	0.229	168.48	170.00
80	10.0	0.141	0.216	233.30	235.00
90	10.0	0.133	0.203	314.18	315.00
100	10.0	0.126	0.191	413.25	415.00

Nota. Cuadro de radios de diseño para carreteras. Fuente: Ing. María Consuelo López Archilla.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Normalmente resultan justificados radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, que resultan más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de fuerzas tangenciales negativas), como para vehículos rápidos (que necesitan menores fuerzas tangenciales). Si se decide emplear radios mayores que el mínimo, habrá que elegir el peralte en forma tal que la circulación sea cómoda, tanto para los vehículos lentos como para los rápidos.

A continuación se describen los parámetros de diseño que se usaron para el diseño de la vía:

4.3.1 Velocidad de diseño

De acuerdo a las condiciones topográficas, la velocidad de diseño sería de 80 kilómetros por hora; pero respetando las Normas vigentes de la Ley Nacional de Tránsito, la velocidad límite dentro del sector urbano de la ciudad es de 50 kilómetros por hora, que está dada por la ordenanza municipal parte vial art. 17 y que es independiente del tipo de terreno.

Todos los parámetros de diseño con los que se trabajó se relacionan con la velocidad de diseño, es decir de 50km/h.

4.3.2 Radio mínimo de curvas horizontales

Los radios mínimos de las curvas horizontales son de 80 metros para una velocidad de 50 kph. Al considerar el nivel de consolidación, el cual limitó en ciertos tramos el diseño tanto horizontal como vertical, se trató de cumplir en cuanto sea posible con las normas especificadas por el MTOP.

El peralte máximo se fijó en 10%.

El valor de coeficiente de fricción lateral es de 0.164 para la velocidad de diseño adoptada.

4.3.3 Pendientes máximas y mínimas

La pendiente longitudinal corresponde a 3, 6 y 8% para terrenos planos, ondulados y montañosos respectivamente, pudiendo en longitudes cortas menores a 500 metros aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos.

4.3.4 Determinación de las curvas verticales

Las longitudes de las curvas verticales se han obtenido en base a la siguiente expresión:

$$\text{Curvas verticales convexas} \quad L = A \cdot K$$

$$\text{Curvas verticales cóncavas} \quad L = A \cdot K$$

Siendo:

L= longitud de la curva

A= Diferencia algebraica de las gradientes.

K= Relación de la longitud de la curva en metros por cada tanto por ciento de la diferencia algebraica de las gradientes.

En la Tabla 4 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

Tabla 36.
Curvas Verticales Convexas y Cónicas Mínimas

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad para parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S ² /426		Curvas Verticales Cónicas Mínimas Coeficiente "K" = S ² /122+3.5 S	
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado
40	45	4.7	5	7.2	7
50	60	8.4	8	10.8	11
60	75	13.2	13	14.6	15
70	90	19.0	19	18.5	18
80	110	28.4	28	23.8	24

Nota. Resumen de curvas de diseño. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

En la Tabla 37 se indican los valores de peraltes, sobreechornos y longitudes de desarrollo del peralte, así como el valor X (longitud tangencial) que es la longitud necesaria para empezar a inclinar transversalmente la calzada, para diferente radio de curvatura y velocidad de diseño (50 km/h)

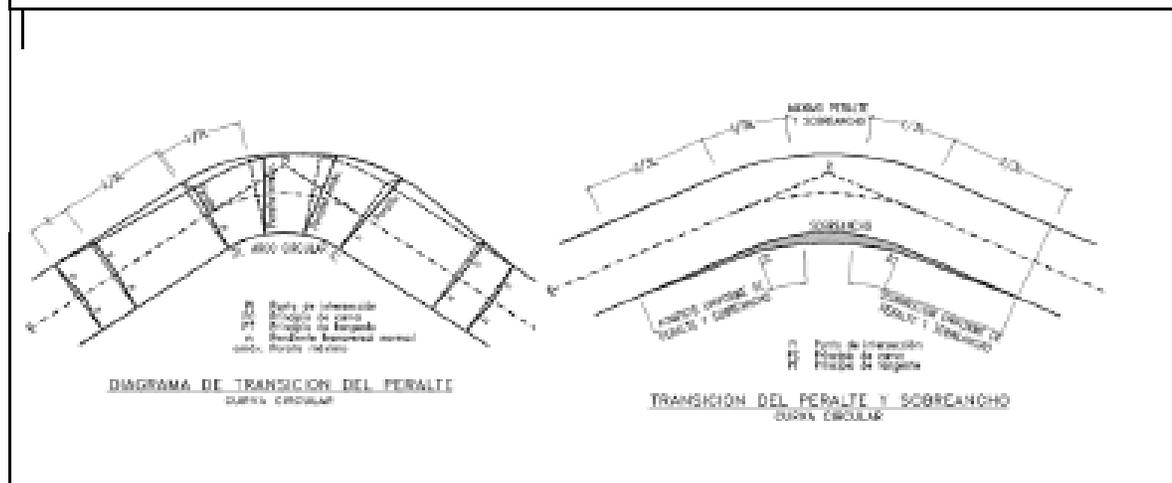
Tabla 37.

Peraltes, sobre anchos y longitudes X, L para el diseño

Velocidad de diseño (kph)		50		Gradiente Longitudinal		0.65			
Ancho de vía (m)		6.00		Pendiente de la vía (%)		2.00			
				Peralte máximo (%)				10.00	
Radio (m)	Peralte (%)	Sobre ancho (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)					
				Mínimo	Máximo				
80	10.0	1.55	9	46	70				
110	9.1	1.31	9	42	60				
115	8.9	1.28	9	41	59				
150	7.9	1.13	9	36	50				
160	7.7	1.1	9	36	49				
200	6.6	1	9	30	41				
210	6.4	0.98	9	30	39				
250	5.5	0.91	9	25	33				
300	4.7	0.85	9	22	28				
350	4.1	0.81	9	19	24				
400	3.6	0.78	9	17	21				
460	3.2	0.74	9	15	18				
500	2.9	0.73	9	13	17				
600	2.5	0.69	9	12	14				
700	2.1	0.66	9	10	12				
750	CP	0.65	9	9	11				
800	SN								

SN = Sección Normal

CP = Curva con Peralte



Nota. Peraltes, Sobreanchos y longitudes para el diseño de curvas Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003. Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

4.3.5 Secciones típicas adoptadas

De acuerdo a las Normas que tiene vigentes el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se adoptó para el diseño geométrico de este proyecto una sección típica que corresponde a una carretera Clase III. La sección típica utilizada define los siguientes parámetros:

4.3.6 Sección típica para los dos tramos, 1er tramo 0+000 – 2+304.22, segundo tramo 3+600 – 5+287.69

Ancho de las Calzadas y Pendientes Transversales.

- Se adopta una calzada de 6.00 metros de ancho, compuesta de dos carriles de 3.00 metros de ancho.
- La pendiente transversal adoptada para los dos carriles es del 2%, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada en los tramos en tangente.
- El punto de giro para el peralte será el eje central.

Ancho de los espaldones externos y Pendiente Transversal.

- Debido a la consolidación presente en el sector y a la falta de espacio físico, se opta por no dotar de espaldones.

Elementos junto a la calzada.

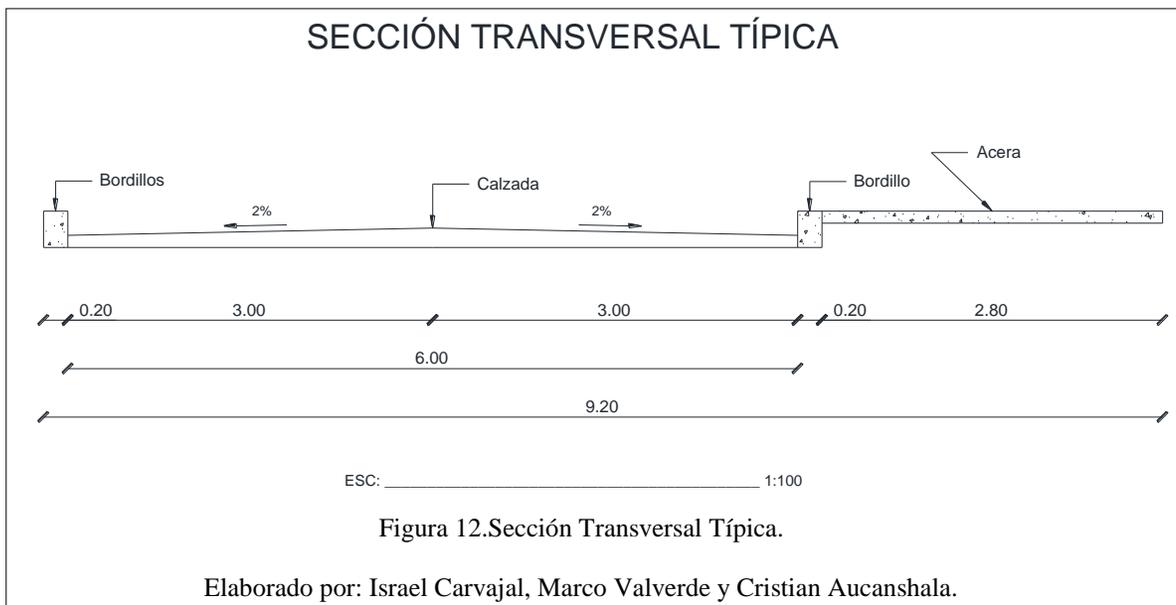
- Junto a la calzada, tanto en secciones en relleno como en corte, se ha considerado bordillos de 0.20 metros y acera de 2.80 metros al lado derecho de la calzada.

Tabla 38.
Elementos de la Sección Transversal

Características	
Número de calzadas	1
Número de carriles	2
Ancho calzada	6.00
Ancho carril	3.00
Acera lateral en corte	2.80
Acera lateral en relleno	2.80
Bordillos junto a aceras (2)	0.40
Pendiente transversal calzada %	2
Pendiente transversal espaldones %	0
Total Sección Mixta	9.20

Nota. Elementos de la sección transversal de una vía. Fuente: MOP.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.



4.4 Estudios topográficos

Se realizó el reconocimiento del terreno, para lo cual se organizó una comisión integrada por técnicos de la Administración Zonal Quitumbe y los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana encargados de desarrollar este proyecto, con la finalidad de establecer parámetros de trabajo que guíen el desarrollo del estudio especialmente en lo referente al trabajo de campo, en esta visita se dejó establecido el punto de partida, se identificó el Camino del Inca, los tramos a diseñar y fin del proyecto.

4.5 Levantamiento topográfico

En la etapa preliminar, con el propósito de tener un control sobre el alineamiento horizontal, se colocaron 6 puntos GPS, dos al inicio del proyecto, tres en tramos intermedios y uno en el final. De estos puntos se partió con un polígono preliminar abscisado y nivelado geoméricamente, desde el cual se realizó el levantamiento topográfico en un ancho de faja de 50 metros, con una nube de puntos de más o menos 500 puntos por kilómetro.

Partiendo de dos estaciones ubicadas sobre el puente al inicio del trabajo, se dio inicio al levantamiento topográfico de la faja, dada la forma de la faja topográfica la poligonal colocada en el recorrido es una poligonal abierta, razón por la cual se colocaron los 6 GPS estáticos a lo largo del recorrido, para ir cerrando la poligonal en los mismos.

De todas las estaciones colocadas en la poligonal se fueron tomando todos los detalles planimétricos, además del suficiente número de puntos de cota, para la correcta representación de las curvas de nivel con intervalo de 1 metro entre curva y curva.

Estos datos fueron procesados y utilizando el programa AutoCAD Civil 3D 2012, versión estudiantil, se obtuvo el dibujo de la topografía a escala 1:1000; sobre este se realizó el diseño.

Esta faja topográfica permitió visualizar y analizar con una mayor amplitud las rectificaciones que se debían realizar a la vía existente aprovechando al máximo posible la infraestructura existente y diseñar los nuevos tramos en donde no se presentan ningún tipo de vía, de esta forma se realizó el nuevo diseño horizontal, el mismo que fue abscisado, obteniéndose además datos de curvas, peraltes y sobreanchos. Cabe

mencionar que casi en su totalidad el diseño horizontal se diseñó con curvas de radio superior al mínimo, las cuales han permitido mejorar el trazado actual, utilizándose al máximo la estructura existente, esto con el objeto de estar de acuerdo a la normativa del MTOP para una carretera Clase III y evitar daños ambientales.

Estos planos de diseño geométrico fueron dados a conocer a la Administración Zonal Quitumbe para que sean revisados y aprobados.

Tabla 39.

Lista de Puntos GPS (Sistema de Coordenadas TMQ)

ID	Este (metro)	Norte (metro)	Elevación Ortométrica (metro)	Factor de escala de proyección	Angulo de convergencia de meridiano
GPS-1	497604.844	9966230.776	3153.626	1.00045847	0° 00' 00.41548''
GPS-2	497580.112	9966333.174	3153.324	1.00045847	0° 00' 00.41548''
GPS-3	497491.568	9965221.692	3128.993	1.00045847	0° 00' 00.41548''
GPS-4	497682.126	9963813.849	3124.562	1.00045847	0° 00' 00.42773''
GPS-5	497351.225	9962721.378	3132.268	1.00045847	0° 00' 00.42773''
GPS-6	496917.381	9960667.479	3057.809	1.00045852	0° 00' 00.62317''

Nota. Puntos GPS del proyecto. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

En el Anexo correspondiente se puede observar detalladamente los puntos obtenidos en el Levantamiento Topográfico.

4.6 Diseño y dibujo del proyecto horizontal y vertical

Con los datos de campo se procedió a realizar los respectivos ajustes y cálculos, obteniéndose nuevos datos que sirvieron para realizar los respectivos dibujos tanto en planta como en perfil.

Los datos del nuevo proyecto longitudinal, del levantamiento de la vía y otros fueron almacenados en la computadora, para luego con los programas viales proceder a realizar el dibujo final, presentándose el proyecto horizontal en escala 1:1000 y el vertical en

escalas horizontal 1:1000 y vertical 1:100, indicándose además los datos de las curvas horizontales, datos de las referencias, datos de drenaje, las abscisas con su respectiva cota de terreno, proyecto, cortes y rellenos etc.

4.7 Alineamiento horizontal y vertical

Con los radios que se adoptó se permitió mejorar las curvas de diseño de la vía existente y en los tramos de la vía nueva se aplicaron adecuadamente las normas vigentes, empleando criterios que no afecten en mayor grado construcciones, servicios existentes y principalmente para respetar el patrimonio que representa el Camino del Inca.

Sobre el perfil longitudinal del terreno, y apoyado de los perfiles transversales, se realizó el proyecto vertical. Se trató de acomodarse a la rasante existente y no realizar excavaciones importantes.

4.7.1 Resumen proyecto horizontal

En el alineamiento horizontal se tomó en consideración las zonas donde ya existen construcciones y principalmente la restricción que se tiene por estar cerca de un área protegida como lo es el Camino del Inca, así se llegó a tener un total de 21 curvas con radios que cumplen con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ecuador y a su vez también con radios que se ajustan al alineamiento trazado de acuerdo a la necesidad. En la Tabla 8 se describe los puntos necesarios para poder replantear en caso de pérdida de los mismos.

PC	:	Punto de Inicio de Curva
PI	:	Punto de Inclinación entre tangentes.
PT	:	Punto Final de la curva e inicio de una tangente o curva siguiente.
Δ	:	Angulo entre tangentes.
R	:	Radio de Curvatura.
L	:	Longitud de Curva.
Lc	:	Longitud de Cuerda
E	:	External
T	:	Tangente
Rumbo:	S ----- W	
Tipo de Giro:	Izquierda – Derecha.	

Elementos de una curva horizontal

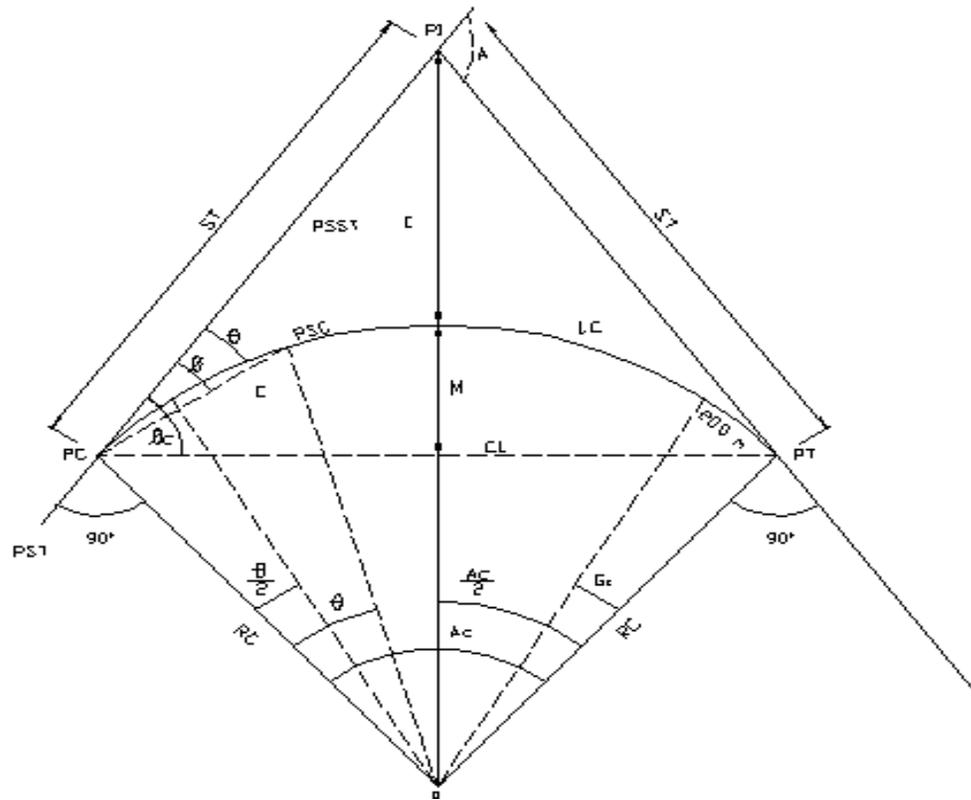


Figura 13. Gráfico de Curva Horizontal. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

$$R_c = \frac{114592}{G_c}$$

$$C = 2 \cdot R_c \cdot \text{Sen} \frac{\theta}{2}$$

$$CL = 2 \cdot R_c \cdot \text{Sen} \frac{Ac}{2}$$

$$ST = R_c \tan \frac{Ac}{2}$$

$$E = R_c \cdot (\text{secante} \frac{Ac}{2} - 1)$$

$$t = \frac{200}{G_c}$$

Tabla 40.

Cálculo de alineamiento horizontal

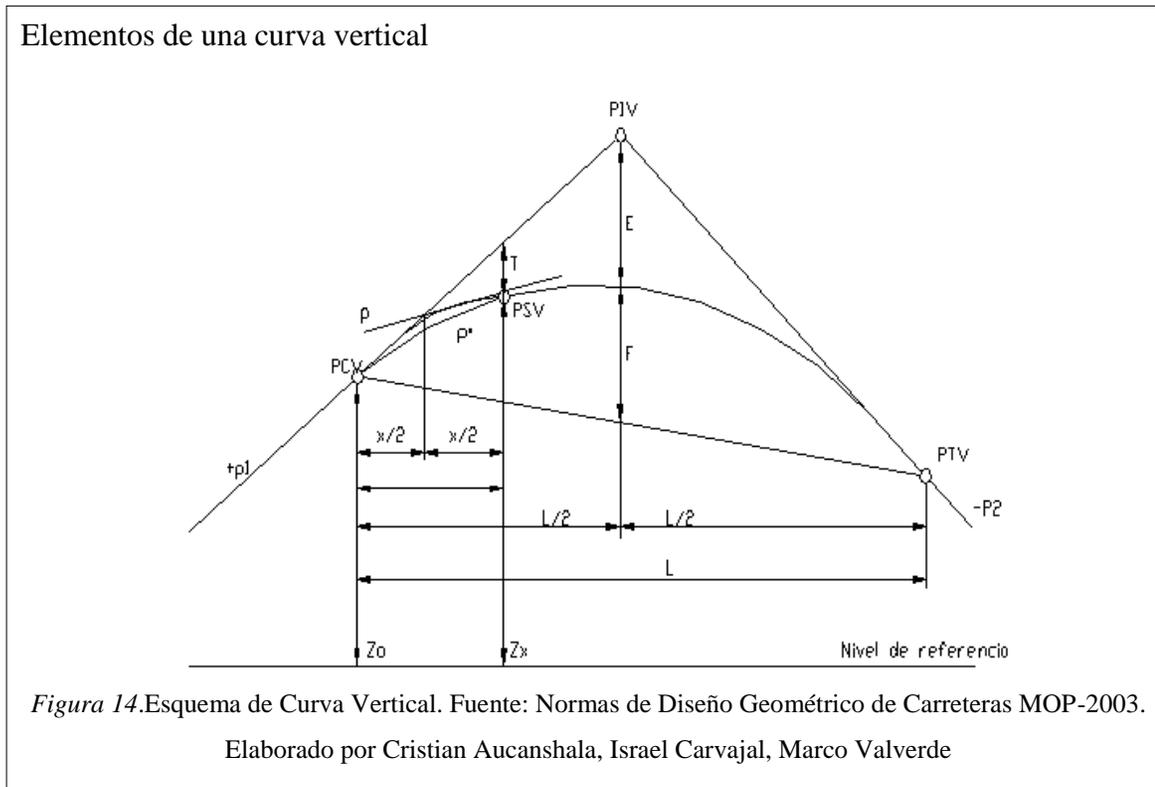
Punto/PI	PI	Angulo de deflexión	Sentido	Radio (m)	Lc	Abscisas	
						PC	PT
Tramo 1							
1	0+125,402	09° 01' 59,7401"	Derecha	280	44,145	0+103,284	0+147,428
2	0+315,965	02° 44' 28,4155"	Izquierda	750	35,883	0+298,021	0+333,903
3	0+464,865	11° 43' 34,8971"	Izquierda	200	40,933	0+444,327	0+485,26
4	0+548,821	32°01'31"	Derecha	90	80,305	0+507,887	0+588,192
5	0+621,470	31°51'02"	Izquierda	57,565	64,000	0+588,875	0+652,875
6	0+859,173	10° 45' 30,4625"	Izquierda	250	46,943	0+835,632	0+882,575
7	1+117,743	23°44'31"	Izquierda	120	79,725	1+077,461	1+157,186
8	1+218,602	31°44'18"	Izquierda	72,21	80,000	1+177,863	1+257,863
9	1+512,188	01° 08' 25,6602"	Izquierda	650	12,938	1+505,719	1+518,657
10	1+606,781	07° 02' 06,3274"	Izquierda	115	14,120	1+599,712	1+613,832
11	1+700,185	19° 06' 06,7367"	Izquierda	114,768	38,263	1+680,874	1+719,137
12	1+880,544	14° 36' 54,6927"	Derecha	150,183	38,309	1+861,285	1+899,594
13	2+046,293	11° 47' 40,1143"	Derecha	280,012	57,641	2+017,37	2+075,011
14	2+184,389	14° 07' 06,7907"	Derecha	115,074	28,356	2+170,139	2+198,495
Tramo 2							
15	3+702,797	15°13'23"	Izquierda	200	88,138	3+660,493	3+748,631
16	3+823,819	22°26'02"	Izquierda	200	128,309	3+755,12	3+883,43
17	4+090,969	12° 51' 59,5173"	Derecha	250	56,141	4+062,78	4+118,921
18	4+233,421	16°55'56"	Izquierda	300	148,656	4+158,703	4+307,36
19	4+531,862	17° 15'	Derecha	400	120,454	4+471,176	4+591,63

		13,4214"					
20	5+009,642	23°18'39"	Izquierda	250	161,713	4+927,962	5+089,675
21	5+170,298	25°10'17"	Derecha	150	125,899	5+106,625	5+232,524

Nota. Alineamiento horizontal de la vía. Fuente Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

4.7.2 Resumen proyecto vertical



- PIV** Punto de intersección de las tangentes verticales
- PCV** Punto en donde comienza la curva vertical
- PTV** Punto en donde termina la curva vertical
- PSV** Punto cualquiera sobre la curva vertical
- p1** Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
- p2** Pendiente de la tangente de salida, en m/m
- A** Diferencia algebraica de pendientes
- L** Longitud de la curva vertical, en metros
- K** Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

- x** Distancia del PCV a un PSV, en metros
- p** Pendiente en un PSV, en m/m
- p'** Pendiente de una cuerda, en m/m
- E** Externa, en metros
- F** Flecha, en metros
- T** Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros
- Zo** Elevación del PCV, en metros
- Zx** Elevación de un PSV, en metros

Tabla 41.

Cálculo de alineamiento vertical

No. PIV	Abscisas PIV	Longitud CLV (m)	Pendientes		Cota (m)	K	Tipo
			Ingreso	Salida			
Tramo 1							
1	0+073,000	70	7,84%	2,00%	3161,899	11,982	Convexo
2	0+347,000	120	2,00%	-7,90%	3165,727	12,123	Convexo
3	0+817,000	180	-7,90%	-0,50%	3129,124	24,337	Cóncavo
4	1+205,000	100	-0,50%	-2,56%	3127,884	48,571	Convexo
5	1+412,000	100	-2,56%	-1,88%	3121,399	146,719	Cóncavo
6	1+832,000	100	-1,88%	-0,98%	3113,964	111,053	Cóncavo
Tramo 2							
7	3+630,000	60	2,00%	11,00%	3130,498	6,667	Cóncavo
8	3+702,000	80	11,00%	0,50%	3139,218	761,905	Convexo
9	3+823,000	80	0,50%	4,71%	3139,423	18,995	Cóncavo
10	3+933,000	90	4,71%	-3,13%	3143,960	11,480	Convexo
11	4+094,000	80	-3,13%	-0,50%	3139,570	30,442	Cóncavo
12	4+378,000	100	-0,50%	-11,29%	3138,600	9,272	Convexo
13	4+525,000	140	-11,29%	-4,88%	3118,347	21,841	Cóncavo
14	4+669,000	70	-4,88%	-8,47%	3116,446	19,474	Convexo
15	4+953,000	130	-8,47%	-0,66%	3090,256	16,642	Cóncavo
16	5+170,000	130	-0,66%	-3,63%	3089,683	43,774	Convexo

Nota Calculo de alineamiento vertical

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

4.8 Diseño geométrico de intercambiadores

Para el proyecto Vía de Borde al Camino del Inca, no se desarrolló el diseño de intercambiadores en vista de que la vía no se conecta con otras vías de gran magnitud que dificulten giros izquierdos y derechos.

4.9 Diseño de señalización y seguridad vial

El diseño de señalización horizontal y vertical de la Vía de Borde al Camino del Inca se lo desarrolló en su forma íntegra, de manera que, dispongan de un eje vial dotado con niveles de servicio adecuados para que la operación de los vehículos sea eficiente, confortable y segura, impulsando con mejores opciones el desarrollo socio-económico de todo el sector afectado beneficiosamente con este proyecto.

En total se acumulan 3991,91 metros de vía los cuales debido a su importancia requieren desarrollar e implementar un sistema de señalización de tránsito, cuyos dispositivos influyan de manera decisiva para garantizar niveles de seguridad vial adecuados y una eficiencia operativa en los desplazamientos del tráfico, tanto de los vehículos como de los pobladores que se asientan a lo largo de la vía.

La señalización vial constituye un subsistema de la ingeniería de tráfico, siendo su importancia decisiva en el proceso de operación de una determinada vía. Por ende, un buen estudio incidirá directamente en el éxito del proyecto vial. Sus propósitos fundamentales, son:

- Aumentar las condiciones operacionales de seguridad vial (nivel de servicio),
- Canalizar la circulación de los flujo de tráfico (regular la circulación),
- Proporcionar a los usuarios de la vía información clara y en el momento apropiado. (informar destinos, puntos de interés, servicios, etc.).
- Utilizar el número y tipo de señales que realmente son necesarias (señalizar).
- Utilizar dispositivos apropiados y necesarios de seguridad vial para minimizar los riesgos de accidentes de tráfico.

4.9.1 Alcance

El presente estudio se refiere a la definición del Proyecto de Señalización y Seguridad Vial, así como tomar en cuenta las medidas de seguridad necesarias para disminuir los riesgos de accidentes de tránsito durante la ejecución de los trabajos, para lo cual se han adoptado en la señalización horizontal y vertical, señalizaciones que se describen a continuación.

4.9.2 Señalización horizontal

Condiciones generales y clasificación de las señales horizontales

En lo referente a las dimensiones que se utilizarán para los diferentes tipos de marcas de la señalización horizontal, se han adoptado norma general indicada en el numeral **705-3.01**, Capítulo 700 - Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000.

- Las franjas serán de un ancho mínimo de 10 cm. Las líneas principales entrecortadas (división de carriles o circulación) tendrán una longitud de 4,50 m con una separación de 7,50 m.

La Señalización Horizontal está conformada por el conjunto de marcas aplicadas sobre la calzada de una determinada vía, y se divide en:

- Líneas o franjas longitudinales (LG)
- Líneas o franjas transversales (LT)
- Marcas de seguridad o Chevrones (CHV)
- Marcas Delimitadores de Chevrones (LCH)
- Flechas (F)
- Símbolos y leyendas (S)

Características de las señales horizontales

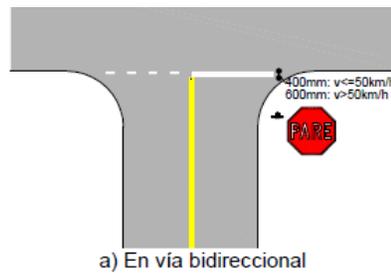
- Líneas Transversales:

Se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse, ceder el paso o disminuir su velocidad según el caso; y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

Líneas de Pare (LT-1): indican al conductor el sitio en donde deben detener su vehículo antes de cruzar o incorporarse a una vía luego de verificar las condiciones de seguridad.

Longitud señalizada	=	variable (línea continua).
Ancho de línea	=	0.40 m.
Color	=	blanco

Líneas de Pare en Intersección con Señal Vertical de Pare



a) En vía bidireccional

Figura 15. Líneas de Pare en Intersección con Señal Vertical de Pare. Fuente: Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000..

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

- **Líneas Longitudinales:**

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar carriles y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar y/o estacionar; para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo carriles exclusivos de bicicletas o buses; y, para advertir la aproximación a un cruce cebra.

Líneas de División de Carriles (LG-1): ayudan a delimitar los carriles de circulación y por tanto permiten organizar la circulación vehicular.

Longitud señalizada	=	4,50 m.
Separación entre líneas	=	7,50 m.

Ancho de línea	=	0.12 m.
Color	=	amarillo

Línea de división de carril

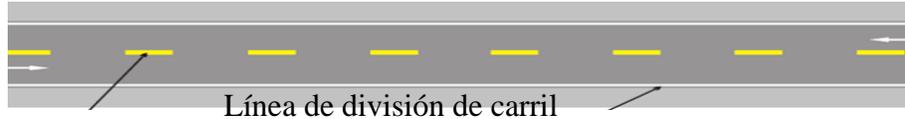


Figura 16. Líneas de División de Carriles. Fuente: Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Líneas de Borde (LG-5): indica a los conductores el límite exterior de las calzadas de circulación.

Longitud señalizada	=	variable (líneas continuas).
Ancho de línea	=	0.12 m.
Color	=	blanco

Líneas de Borde

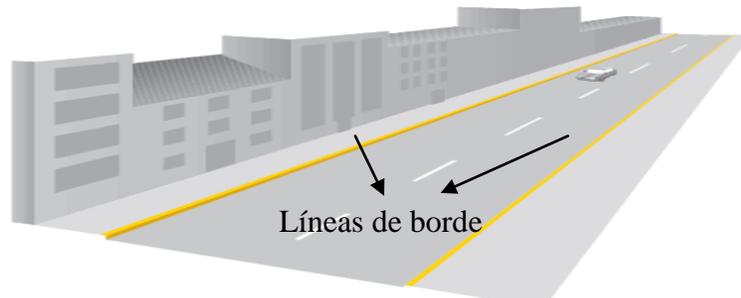


Figura 17. Líneas de Borde. Fuente: Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Dentro de este tipo de línea, debe considerarse el ingreso a propiedades o a vías de importancia menor, para lo cual la línea continua de borde se interrumpirá con línea entrecortada manteniendo una secuencia de 1,00 m de pintura y 1,00 m de separación. El ancho se mantendrá con 0,12 m.

Pintura de Bordillos de Aceras: remarcan y delimitan con objetividad la geometría de la vía.

Los diseños tipo de aplicación de la Señalización horizontal se encuentran detallados en los el plano respectivo.

4.9.3 Señalización vertical

Condiciones generales para la utilización y aplicación de señales verticales

La Señalización Vertical utiliza como medio de comunicación lo constituyen el conjunto de señales o placas dispuestas en posición vertical, siendo su soporte postes o parantes, y estructuras aporticadas o en voladizo (tipo “bandera”), según sea el tamaño y ubicación de las mismas.

4.9.4 Diseño y uso de las señales verticales

Para que las señales verticales cumplan con la función para la cual ha sido colocada, debe estar en capacidad de transmitir el mensaje claro y en el momento preciso al usuario de la vía cuando éste viaja a una velocidad normal. Para lograr esto, la señal debe ser correctamente legible a una determinada distancia y mantener sus características de forma y color durante las 24 horas del día, sin excepción, siendo necesario para ello poseer propiedades de refractivas o iluminación. El diseño (formas y colores) y dimensionamiento de las señales verticales utilizadas en el presente estudio, se presentan en los planos de detalle del proyecto de señalización.

4.9.5 Localización de las señales verticales

Normalmente las señales verticales son colocadas al lado derecho en relación al sentido de circulación de los vehículos, sin embargo puede haber casos en los cuales es necesario colocar las señales también en el lado izquierdo con el fin de facilitar al conductor una adecuada visibilidad a la señal. Existen cuatro aspectos a considerarse en el posicionamiento de una señal vertical de tránsito:

Su localización a lo largo de la vía en relación con la existencia de algún peligro o circunstancia en el camino y su naturaleza, así como la separación entre ellas.

Su ubicación en relación al borde de la calzada, o en relación a alguna otra característica de la sección transversal.

Su altura sobre la vía.

Su orientación.

- **Ubicación longitudinal**

En respuesta a la señal vertical de tránsito, el conductor debe tomar uno o varios cursos de acción. Por esta razón, la distancia entre la señal y el lugar donde la acción deberá haberse ejecutado, y además la distancia entre la señal y el lugar en que ya está visible para el conductor, deben ser suficientes como para que pueda leerse su contenido, tomar una decisión y ejecutar una acción por parte del conductor.

Las señales de reglamentación por lo general están ubicadas en el sitio mismo en donde el conductor debe tomar una decisión; existen algunas de estas señales que deben estar colocadas en otras distancias.

Las señales de prevención, y las señales de información requieren dar al conductor suficiente tiempo y espacio para que pueda ejecutar una maniobra o tomar una decisión. Para determinar estas distancias, a continuación se presenta un cuadro que contiene las recomendaciones pertinentes:

Tabla 42.

Localización Recomendada para Señales Preventiva

Velocidad de diseño u 85 percentil de la velocidad de vehículos livianos (km/h)	Distancia de la señal a la situación indicada o peligro (m)	Distancia de visibilidad recomendada para la señal (m)
39 – 40	45	60
50 – 59	45 – 100	60
60 – 69	100 – 150	70
70 – 79	150 – 180	75
80 – 100	180 – 245	75
más de 100	245 - 305	105

Nota. Recomendaciones de señáletica en la vía. Fuente: Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

Notas:

1. Estas distancias no siempre se aplican a las seriales: Redondel, Fin De Doble Calzada (o de Parterre Central), ni Tráfico en Dos Direcciones.

2. Estas distancias se incrementarán en bajadas, en un 50% si la gradiente es igual o mayor al 10%.

Como criterio general, debe indicarse que en todo momento debe existir una adecuada visibilidad a la señal. Es particularmente importante el asegurar que no exista vegetación que la tape, construcciones u otros elementos que limiten esa visibilidad. Solamente si existen elementos permanentes tales como construcciones, puentes estrechos, etc., será necesario el escoger sitios especiales para las señales, recordando que siempre es preferible el incrementar la distancia de visibilidad y la distancia entre la señal y el punto de peligro, en lugar de disminuirla.

- **Ubicación lateral**

La ubicación se refiere al sitio donde está colocada la señal en relación a la sección transversal de la vía.

Ubicación en Zona Urbana: En vías que cruzan zonas urbanas y que por lo tanto tienen bordillos y aceras, la señal debe dejar una distancia libre con el borde de la calzada de al menos 0.30 m y 1m como máximo.

- **Altura de montaje**

Altura en Zona Urbana: Las placas deben mantenerse en una altura mínima de 2 m con el fin de permitir el paso libre de peatones y evitar que las placas estén al alcance de ellos, así como también evitar la interferencia de vehículos estacionados.

Montaje Elevado: Las señales informativas direccionales que generalmente se montan sobre postes, pueden también montarse en pórticos o estructuras de soporte en voladizo. Cuando así se lo hace, las señales suspendidas sobre las calzadas deben dejar un gálibo libre con la calzada de al menos 6,20 m; adicionalmente los postes que sostienen al pórtico deben estar separados del espaldón mínimo 0,60 m.

- **Orientación**

Todas las placas deben por lo general ser colocadas formando un ángulo de 90 grados con el eje de la vía; si se encuentran en una curva horizontal, de igual manera el ángulo debe ser de 90 grados con la tangente de la curva.

- **Montaje de las señales**

Las señales son usualmente montadas sobre un poste simple, sin embargo aquellas que tienen un ancho mayor a 1.22 m o una área que exceda de 0.80 metros cuadrados, generalmente van a ser montadas sobre dos postes. Los postes sobre los cuales se montan las señales generalmente serán de color gris.

Por lo general no más de dos placas serán colocadas en un mismo poste, excepcionalmente se pueden montar tres placas en un mismo poste.

La altura total de las señales ya montadas no deberá exceder de 4 m. desde el nivel del suelo, solamente en casos en que se requiera obtener una visibilidad adecuada en sitios difíciles, esta altura puede ser mayor.

Una vez programado el montaje de la señal deberá examinarse cuidadosamente que el mensaje que se intenta dar al usuario sea claro, y no dé lugar a ambigüedades.

Clasificación de las señales verticales

Las señales verticales se dividen en los siguientes grupos o series de señales:

- Señales Reglamentarias (R).
- Señales Preventivas (P).
- Señales Informativas de: Dirección o Destino (ID), Lugares y sitios de interés (IL), Servicio (IS), Turismo (IT), Marcadores de Kilometraje (IK).
- Demarcadores de peligro (D).
- Señales de Trabajos y Eventos especiales en la vía (T).

Las combinaciones de señales que pueden montarse juntas y el orden en que deben ser colocadas de arriba hacia abajo, a continuación se describen las señales que deberán colocarse en la vía:

- a) Señal Reglamentaria de PARE



R1-1

- b) Señales Reglamentaria de LÍMITE DE VELOCIDAD.



R4-1

- c) Señal preventiva de cruce de peatones.



- d) Señales rectangulares.



R2-1 I



R2-1 D



R2-2

El diseño de cada una de las señales verticales reglamentarias, preventivas, demarcadores de peligro se encuentran en los planos respectivos.

Tabla 43.
Resumen de Señalización Vertical

Abscisa	Tipo de señal			Lado de la vía		Cantidad	Leyenda
	R	P	I	IZQ.	DER.		
0+000	R1-1			X		1	
0+000		P1-1		X		1	
0+100	R4-1				X	1	
0+640	R4-1				X	1	
0+850		P1-1			X	1	
1+000	R4-1			X		1	
1+080		P1-1			X	1	
1+080	R1-1				X	1	
1+100		P1-1		X		1	
1+100	R1-1			X		1	
1+140	R4-1				X	1	

1+905		P1-1			X	1	
2+045		P1-1			X	1	
2+170		P1-1			X	1	
2+200	R4-1			X		1	
2+290		P1-1			X	1	
2+290		P1-1		X		1	
2+290	R1-1				X	1	
3+600	R1-1			X		1	
3+680	R4-1				X	1	
4+400	R4-1			X		1	
4+500	R4-1				X	1	
5+200	R4-1			X		1	
5+280		P1-1			X	1	

5+280		P1-1		X		1	
-------	--	------	--	---	--	---	-------------------------------------------------------------------------------------

Nota. Señalización vertical por tramos. Fuente: Instalaciones para el Control del Tránsito y Uso de la Zona del Camino. MOP-001-F- Quito 2000. .

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal, Marco Valverde

4.10 Conclusiones

- El proyecto contempla el diseño de una vía de 3991.91 metros, mismos que se dividen en dos tramos: el primero de 2304.22 metros que va desde el sector de San Martín (abscisa 0+000) hasta el sector de Músculos y Rieles (abscisa 2+304.22), y el segundo tramo de 1687,69 metros que va desde la entrada a Ciudad Jardín (abscisa 3+600.00) hasta el sector de Cebauco (abscisa 5+287.69).
- Todos los parámetros se enmarcan a la velocidad de diseño, misma que es de 50 km/h.
- A fin de respetar y cuidar el patrimonio cultural que significa el Camino del Inca, se alejó lo máximo posible del mismo, por lo que se propuso una sección de 9,20 metros, en el cual se contempla.

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE PAVIMENTOS.

5.1 Introducción.

El presente estudio trata sobre el diseño de pavimentos a emplearse en este proyecto vial; ahora bien, un pavimento es una estructura que está formada por la unión de capas que están colocadas unas sobre otras de manera horizontal que es utilizado como superficie para la circulación de vehículos o personas.

El pavimento es un elemento muy importante en la construcción de una vía ya que de esta depende su durabilidad, desempeño, comodidad, seguridad y estética.

Este elemento estructural puede dar muchas ventajas y beneficios al entorno de la vía y sus usuarios tales como: mejor cuidado de los automotores por ende mayor ahorro en reparaciones, menor tiempo de viaje en sus traslados, mayor comodidad en la conducción; más comunicación, comercio y relación entre las poblaciones aledañas e inmersas en el proyecto.

Posteriormente, con el aporte de este proyecto, la idea general es rescatar el Camino de los Incas (considerado como Patrimonio Cultural); haciendo de este sitio un lugar turístico muy visitado por turistas Nacionales y extranjeros, los cuales utilizarán esta vía como medio de llegada y movilización durante su recorrido y estadía del lugar; para lo cual, un pavimento en buenas condiciones garantizará una buena aceptación del sitio turístico, ya que tendrá acceso a ésta con las mayores facilidades.

5.2 Objetivos.

El siguiente estudio tiene como finalidad siguiente objetivo:

- Diseñar los espesores de capas estructurales del pavimento para la Vía de Borde del Camino de los Incas.

5.3 Desarrollo de la vía

5.3.1 Reconocimiento de campo

Dadas las condiciones iniciales por parte de la Administración Zonal Quitumbe, representada por el Ing. Leonardo Tupiza, se realiza el reconocimiento de campo de los lugares y sitios previstos en el planteamiento del proyecto en estudio.

El recorrido inicia en el puente de San Martín, (Abscisa 0+000Km) en este primer tramo se puede evidenciar que actualmente existe una vía de lastre y partes de tierra que bordea el Camino del Inca hasta el barrio de músculos y rieles (Abscisa 2+304.22Km) lo cual se constituye en el primer tramo del proyecto lo cual se empata con un tramo de vía asfaltada que sirve de ingreso hacia la “Planta de tratamiento de El Troje”. Siguiendo el recorrido del Camino del Inca se determina que el segundo tramo del proyecto va desde la intersección con la entrada a Ciudad Jardín (Abscisa 3+600Km) donde se evidencia la existencia de terrenos con vegetación y agrícolas hasta empatare con la calle J ubicado en el Barrio de Cebauco (Abscisa 5+287.69).

5.3.2 Generalidades del pavimento

Los pavimentos son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica.

Los materiales de las capas se escogen según su costo y disponibilidad, y mientras más superficiales estén, mejores (más resistentes) deberán ser. A la capa de la superficie se la denomina capa de rodadura y es la que está en contacto directo con el tránsito. A las capas inferiores se les llama base (cuando tiene sólo una) o base y sub-base (cuando se tienen dos). Al terreno natural o suelo se le conoce como sub-rasante y es el encargado de soportar el pavimento.

A los pavimentos se les da nombre de acuerdo con su comportamiento (rígido o flexible) según el material de su capa de rodadura.

5.4 Alternativas según los tipos de pavimento

A continuación se observan las dos alternativas de los tipos de pavimentos propuestas para el diseño de pavimentos a emplearse en el presente proyecto como son:

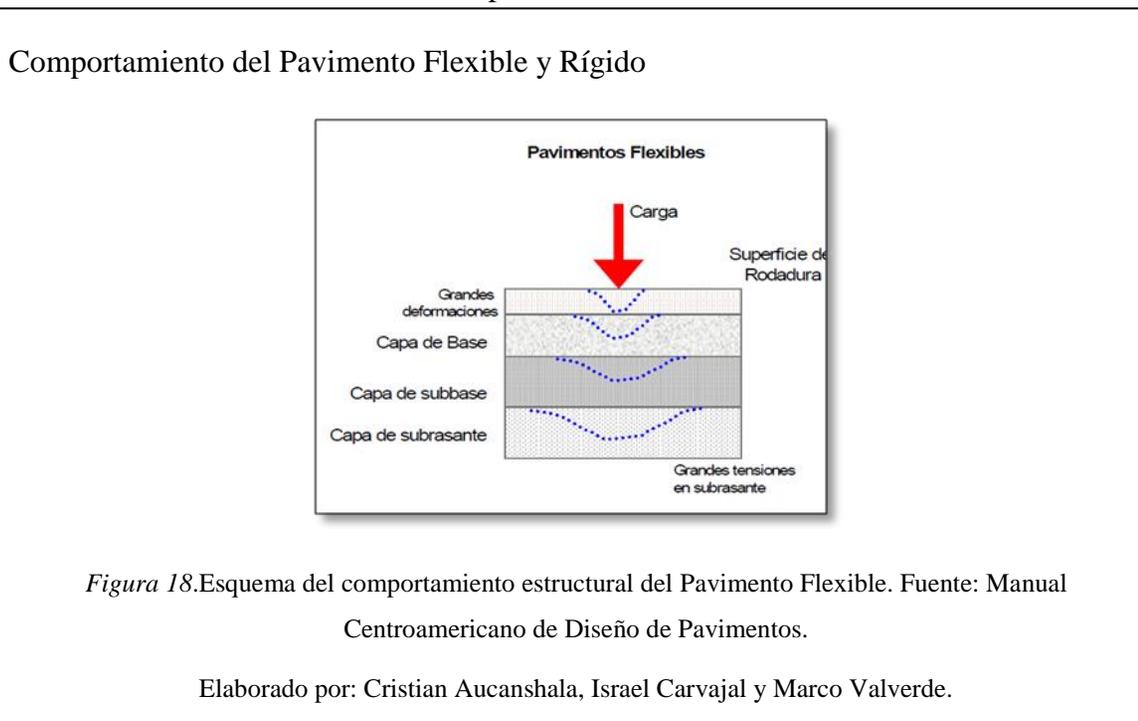
- Pavimento Flexible (Asfaltado)
- Pavimento Articulado (Adoquinado)

5.4.1 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles están conformados estructuralmente por capas de materiales granulares compactados y una superficie de rodadura (construida normalmente a base de concreto asfáltico) la cual forma parte de la estructura del pavimento. La superficie de rodadura al tener menos rigidez se deforma más y se producen mayores tensiones en la sub-rasante (Figura 5.1).

De acuerdo a las características que se tengan en la subrasante y la cantidad de tránsito que deba soportar la vía, en ocasiones se hace necesario colocar una geomalla o tratamiento especiales de mejoramiento y mezclas de suelo para que tenga una mayor resistencia los pavimentos.

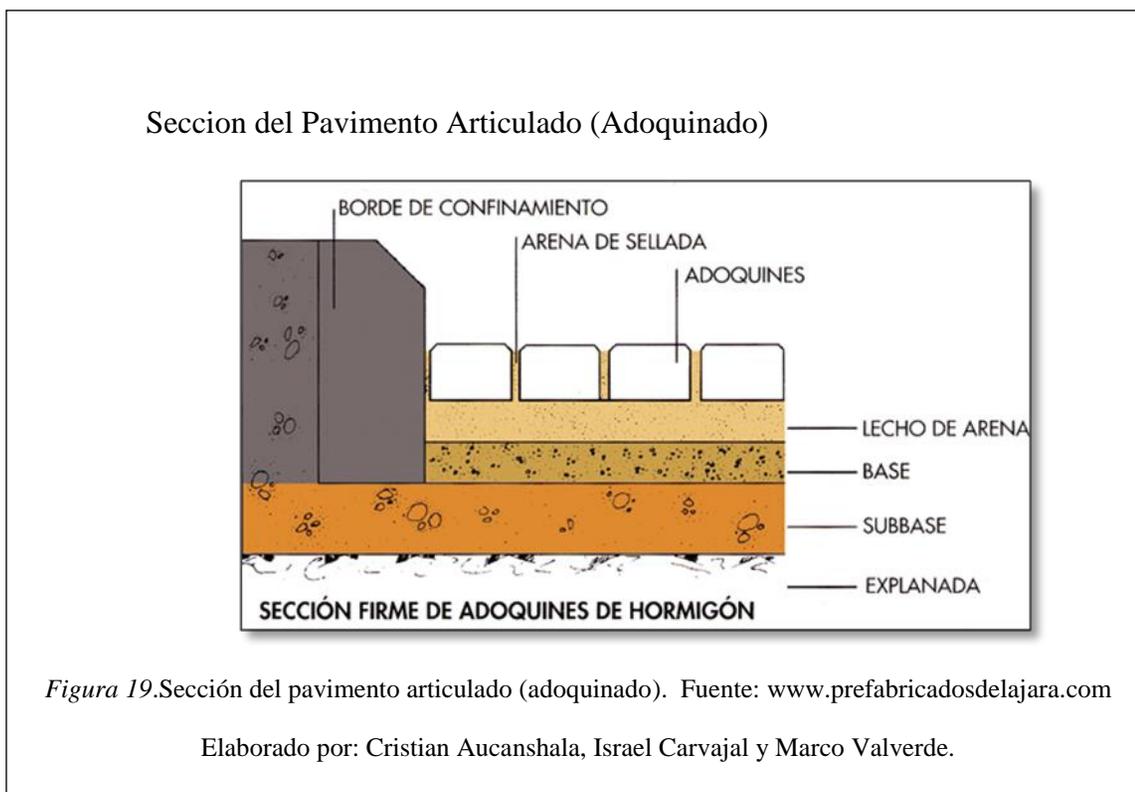
Otro factor importante e imprescindible para el buen desempeño del pavimento es dotarlo de un buen drenaje, ya que de esto dependerá la vida útil del pavimento el cual al no tener filtraciones de líquidos tanto externa como internamente el pavimento podrá cumplir con la vida útil establecida en el diseño inicial con lo cual se evitará la saturación de las partículas, hinchamiento y por ende la degradación de los materiales así como también la fractura de las capas.



5.4.2 Pavimento adoquinado o articulado.

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados llamados adoquines de espesor uniforme elaborados entre sí. Esta puede ir ubicada sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez se apoya sobre una capa de base granular, o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y también de las magnitudes y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

Se denomina adoquinado por su capa de rodamiento que se encuentra conformada por elementos uniformes macizos de hormigón de alta resistencia denominados "bloques", que se colocan en yuxtaposición adosados unos a otros por lo cual se denomina articulado y que debido al contacto lateral permiten una transferencia de cargas por fricción desde el elemento que la recibe hacia todos sus adyacentes, trabajando solidariamente unos con otros por lo que el trabajo de resistencia es compartido y adicionalmente este tipo de capa de rodadura tiene la posibilidad de desmontarse individualmente los bloques.



Esquema general del Pavimento Articulado (Adoquinado)

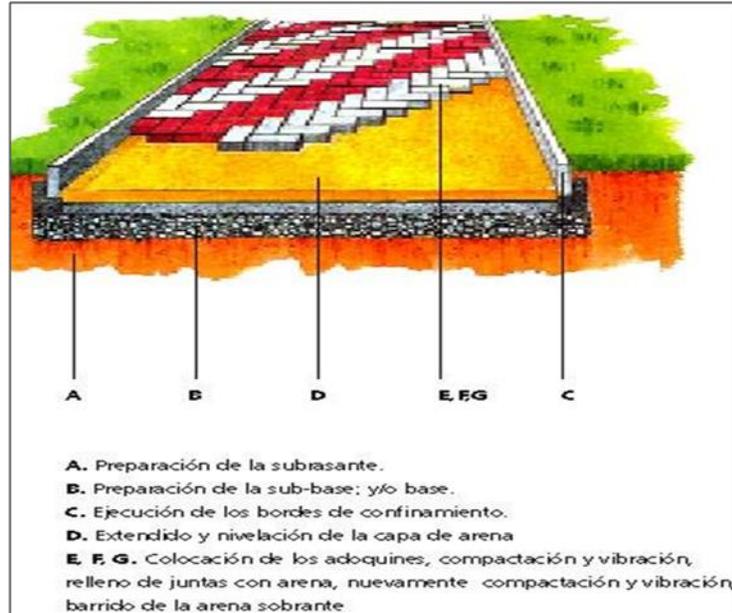


Figura 20. Esquema general del Pavimento Articulado (Adoquinado). Fuente: Ing. Jorge Córdova, Pavimentos, 2013

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.5 Clima y llluvias.

El clima de Quito corresponde al clima subtropical de tierras altas tiende del templado al cálido, siendo muy variable en tiempo y espacio. Quito se divide en 3 zonas; sur, centro, y norte; donde el sur es el lugar más frío de la ciudad porque es la zona más alta y donde se encuentra ubicado el sitio del proyecto, el centro es caliente; donde se dan siempre las temperaturas más altas, y el norte es templado.

Quito es una ciudad que se extiende 80km. de sur a norte y un promedio de 5km. de este a oeste, su emplazamiento es angosto debido a que está limitada al este por la falla geológica de Quito, y al oeste por el volcán Pichincha.

Debido a su posición geográfica ubicada en un valle cerca de la línea ecuatorial y una altitud promedio de 2800 msnm, Quito recibe niveles extremos de radiación solar todo el año (hasta 24 UVI-Índice Ultra Violeta) y además mantiene condiciones primaverales

todo el año con un clima templado, a excepción de un periodo seco y otro lluvioso, ambos de alrededor cuatro meses de duración.

5.6 Geología de la zona

Las características geológicas referentes a la zona del proyecto vial se hallan descritas en el Estudio Geológico (Formaciones Geológicas y Depósitos Superficiales), sin embargo se menciona alguna de las características del sector.

El terreno en donde se asentará la vía tiene un relieve ondulado a plano, sin presencia de grandes pendientes. La vía atraviesa zonas semi-urbanas desde el km 0+000 hasta el km 2+304(Tramo I) y desde el km 5+500 al km 5+287 (Tramo II); en el tramo 3+600 al 5+500 (Tramo II) atraviesa principalmente suelos agrícolas.

Se identifica varias fallas geológicas, dos de las cuales están muy cercanas y pueden afectar gravemente en caso de su reactivación.

Desde el punto de vista geológico, los terrenos presentes en la zona de estudio abarcan formaciones geológicas de edades cuaternarias. Los depósitos son cenizas, lapilli de pómez, pertenecientes a la Formación Cangagua, con presencia de depósitos coluviales. Bajo las formaciones mencionadas anteriormente, se encuentran depósitos vulcano - sedimentos Machángara de la misma edad, y bajo estas se tiene la formación Macuchi de edad cretácica.

El proyecto se encuentra dentro de una zona volcánica y sísmica de alto riesgo.

Debido a que la vía se encuentra en la parte alta donde el terreno varía de ondulado a plano, no hay riesgos por deslizamientos.

El suelo de subrasante en el Tramo 1 en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos regulares a malos para subrasante, con CBR DE 11.40%, mientras en el Tramo 2 en su mayoría resultan ser suelos limo arcillosos malos para subrasante, con CBR DE 8.40%.

De acuerdo a la estratigrafía el suelo de sub rasante resulta ser homogéneo entre tramos.

5.7 Análisis de la sub-rasante e investigación del sub-suelo

Los trabajos de campo y laboratorio fueron realizados por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana los cuales consisten en lo siguiente:

Trabajos de Campo

- Evaluación general del suelo de Sub-rasante mediante calicata distribuidas cada 500m a lo largo del trayecto de la vía proyectada.
- Recolección de cuarenta y ocho muestras de suelo de la sub-rasante en profundidades de 0,50 a 1,00, de 1 a 1,50 y de 1,50 a 2,00 metros de profundidad con fines de realizar ensayos de Clasificación AASHTO.
- Toma de dieciséis muestras alteradas del suelo, para determinar el CBR de laboratorio y luego el CBR de diseño.
- Toma de muestra inalterada para ensayos triaxiales para determinar el ángulo de reposo de los principales taludes presentes en la vía abscisa 3+800

Trabajos de Laboratorio

Con las muestras obtenidas en el campo, desde las perforaciones, y posteriormente trasladadas al laboratorio, se realizaron los siguientes Ensayos:

1) Clasificación AASHTO

- Contenido de Humedad Natural (Norma ASTM D 2216), este ensayo permite determinar la cantidad de agua natural que tiene el suelo expresada como porcentaje en relación a la masa seca del suelo.
- Granulometría por Lavado y Tamizado hasta la Malla No.200, (Norma ASTM D 422), este ensayo cubre la separación en tamaños de partículas por medio de tamizado.
- Límite Líquido (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar el valor de Índice de Plasticidad, parámetro importante en el reconocimiento entre un limo y una arcilla.
- Límite Plástico (otro de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318), y que permite determinar al igual que el anterior el Índice de Plasticidad, por diferencia entre los dos ($IP=LL-LP$).
- Clasificaciones de suelos AASHTO Norma ASTM D 3282, estas prácticas cubren todos los ensayos anteriores para llegar a identificar a un determinado tipo de suelo por medio de un símbolo.

2) CBR de Laboratorio

- Compactación Proctor Modificado (Norma ASTM D 1557), este ensayo cubre la determinación del valor de la densidad seca máxima y la humedad óptima de compactación de laboratorio.
- CBR de laboratorio (Norma ASTM D 1883), este ensayo cubre la determinación del valor de soporte de la sub rasante en un suelo alterado y compactado a humedad óptima, para después de la saturación, obtener los valores de penetración para deformaciones patrones dados.

5.8 Fuentes de materiales de construcción

Las fuentes de materiales de construcción o también llamadas canteras, proveen de materiales que de acuerdo a sus características determinan la calidad y durabilidad de la obra civil en construcción.

Para el presente trabajo se ha tomado como referencia el Estudio geotécnico realizado a los materiales de las diferentes canteras propuestas para los proyectos viales Escalón 1,2 y 3 ubicados en los sectores del proyecto en estudio al sur de la Ciudad de Quito. Este estudio geotécnico fue realizado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Politécnica Salesiana a petición de la Administración Zonal Quitumbe.

En el Estudio realizado por el laboratorio arrojan diferentes resultados entre las cuales incluye la calificación de los materiales de cada una de las canteras, los cuales brindan características que definen su posterior uso en la obra. Las canteras analizadas en laboratorio son las siguientes:

- Cantera de Pifo
- Cantera de Chasqui
- Cantera de San Antonio
- Cantera de Píntag

De acuerdo al informe entregado por el laboratorio una vez realizado el análisis y estudio de los materiales conforme a los parámetros y requerimientos necesarios, el Laboratorio determina que los materiales estudiados califican para los siguientes usos:

Tabla 44.

Calificación de los materiales para determinados usos en obra

Cantera	Calificación determinada
Pifo	<ul style="list-style-type: none"> > Material de Mejoramiento > Material de Sub-base > Material de Base > Agregado grueso para mezclas asfálticas > Agregados para hormigones con cemento Portland
Chasqui	<ul style="list-style-type: none"> > Material de Mejoramiento > Material de Sub-base > Material de Base > Agregado grueso para mezclas asfálticas > Agregados para hormigones con Cemento Portland
San Antonio	<ul style="list-style-type: none"> > Material de Mejoramiento > Agregado fino para hormigones
Píntag	<ul style="list-style-type: none"> > Material de Mejoramiento > Material de Sub-base > Material de Base > Agregado grueso para mezclas asfálticas > Agregados para hormigones con Cemento Portland

Nota: Clasificación de los materiales para el proyecto. Fuente: Informes Técnicos del Laboratorio UPS

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.9 Metodología empleada en el diseño

El método de diseño de pavimentos más empleado en el Ecuador es el Método AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS 1993. Razón por la cual se ha decidido aplicar este método para el diseño de pavimento flexible y articulado.

5.9.1 Metodología empleada para el diseño de pavimento flexible

De acuerdo al método a utilizarse para realizar un adecuado Diseño de pavimentos flexibles para carreteras de nuestro país, bajo ciertas características y se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar los valores de Trafico Promedio Diario Anual medio TPDA medio según los distintos tipos de vehículos y el número total que pasarán por la vía en estudio para un periodo de 10 y 20 años.
- Determinar los valores de los factores de Cargas Equivalentes ESAL's. El número equivalente de ejes de una determinada carga tipo según el AASHTO es de 8180 Kg. Debido a que el tránsito combinado de vehículos livianos y pesados es convertido y expresado a este número.
- Determinar los parámetros generales que intervienen en el diseño como son:
 - Periodo de Diseño. Se estima en años de acuerdo al tipo de carretera que se va a tener en uso.
 - Nivel de Confiabilidad. Puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto para la vida útil del proyecto adoptado durante el diseño.
 - Desviación Normal y Estándar. El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una desviación típica (S_o), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Z_r) asociado a un nivel de confiabilidad (R).
 - Perdida del Índice de Serviciabilidad. La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado.
- Diseñar los espesores del pavimento flexible

Determinar los Parámetros específicos para el diseño de pavimentos flexibles los cuales son los siguientes:

- Valor de Soporte California –CBR. El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

Según este método (AASHTO) la escala de valores de soporte del suelo han sido correlacionadas a una escala estimada de valores C.B.R., con el que se considera las condiciones de la sub-rasante.

- Factor de Drenaje. Son los factores que indican la capacidad de drenaje o evacuación de agua por cada capa que intervienen en el pavimento.
- Modulo Elástico o Resiliente. es un parámetro de gran importancia para entender el agrietamiento (por fatiga) de las superficies de asfalto y que la carga monotónica podría no ser la adecuada para su determinación.
- Coeficiente Estructural de Capa (a). Se determina por medio de las características de cada material en particular que intervienen en el diseño y con la ayuda de ábacos dados por el método de cálculo se obtienen los valores respectivos.
- Determinar el número estructural (SN). Representa la capacidad de una capa. Para soportar las solicitaciones del tráfico. Tiene unidades de longitud y se expresa en milímetros.
- Determinar los espesores necesarios en cada capa que cumplan con los requerimientos establecidos.

5.9.2 Metodología empleada para el diseño de pavimento articulado.

- Generalidades
- Introducción
- Sistema de funcionamiento
- Principales tipos de fallas
Determinar las principales tipos de fallas existentes en un pavimento articulado
- Elementos componentes del pavimento articulado

Determinar todos los componentes inmersos en un pavimento articulado así como describir sus funciones en el trabajo conjunto.

- Diseño de espesores de pavimentos

Determinar los espesores necesarios de acuerdo a los requerimientos presentados por el proyecto así como las características que presente la subrasante, para lo cual se determinan los datos necesarios para el diseño

- Factor de Drenaje. Son los factores que indican la capacidad de drenaje o evacuación de agua por cada capa que intervienen en el pavimento.
- Modulo Elástico o Resiliente. es un parámetro de gran importancia para entender el agrietamiento (por fatiga) de las superficies de asfalto y que la carga monotónica podría no ser la adecuada para su determinación.
- Coeficiente estructural de capa (a). Se determina por medio de las características de cada material en particular que intervienen en el diseño y con la ayuda de ábacos dados por el método de cálculo se obtienen los valores respectivos.
- Parámetros específicos del diseño de pavimento articulado
- Periodo de diseño. Se estima en años de acuerdo al tipo de carretera que se va a tener en uso.
- Nivel de confiabilidad. Puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto para la vida útil del proyecto adoptado durante el diseño.
- Desviación normal y estándar. El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una desviación típica (S_o), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Z_r) asociado a un nivel de confiabilidad (R).
- Pérdida del índice de Serviciabilidad. La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado.

- Determinación de los espesores de capa

Una vez calculado el número estructural requerido en base a hojas de cálculo y siguiendo los parámetros necesarios se determinarán los espesores definitivos de diseño.

5.10 Datos De Tráfico

Según el método AASHTO en los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil, por lo tanto el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y estos para realizar los cálculos, se los transforma a “equivalente simple axial load” o ESAL que es un número equivalente de ejes tipo de 80 KN.

Este análisis se detalla en el estudio de tráfico tanto para pavimentos Flexible y Articulado (Adoquinado)

Tabla 45.

Número de ejes Equivalentes

Tipo de vehículos livianos	F.C.E	Periodos de Diseño			
		10		20	
		TPDA	ESAL'S	TPDA	ESAL'S
Livianos	0,001	170,78	312	255,78	824
Camionetas	0,008	44,23	646	58,47	1707
Bus	2,676	57,65	281562	71,51	698424,81
2D	5,245	78,89	755187	101,51	1943272,6
3A	3,466	16,91	106938	21,75	275175,66
T3-S2	6,274	12,61	144331	16,22	371398,41
		63,51	1288976	87,54	3290802,48

Nota. Resumen de ejes equivalentes. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

El cuadro indicado muestra los Números de Ejes de Carga Equivalentes, según el periodo de diseño definido para el diseño del pavimento.

ESAL 10 años = 1 288 976

ESAL 20 años = 3 290 803

El diseño de la estructura vial se basa en el valor de ESAL 10 años, con el cual se definiría los espesores de cada una de las capas de material que soporten dichas cargas que sería la primera etapa de diseño.

Entretanto que el valor de ESAL's de 20 años sirve para la realización de la repavimentación de la vía al fin de la primera etapa (10 años), y con lo cual se cumplirá la segunda etapa de diseño.

- **Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico.**

Esta clasificación de carretera se lo realiza tomando en cuenta el trafico que se tendrá en el año final de diseño, en este proyecto se toma la proyección de trafico a los 20 años lo cual da un TPDA = 685

Tabla 46.

Clasificación de Carreteras de acuerdo al tráfico.

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

Notas:

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

(2) RI - RII - Autopistas.

Nota.

Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico. Fuente: MOP, Normas de Diseño de carreteras, 2003.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De acuerdo a la jerarquía atribuida en la red, las carreteras deberán ser diseñadas con las características geométricas correspondientes a su clase y construirse por etapas en

función del incremento del tráfico, como resultado de esta tabla tenemos que la vía del proyecto es:

CLASE DE VÍA: Vía Colectora de Clase III

Esto se da porque, como se mencionó anteriormente, en el año final de diseño a los 20 años el TPDA es de 685 lo cual ingresa en el rango entre 300 y 1000 de la columna del TPDA como se observa en el cuadro

5.11 Diseño de pavimentos.

5.11.1 Parámetros generales que intervienen en el diseño de pavimentos flexible y articulado

Los parámetros generales que intervienen tanto en el diseño de pavimento flexible y pavimento articulado los cuales establecerán finalmente los espesores de capa son los siguientes:

a) Periodo de diseño

De acuerdo a las condiciones de esta vía y según la clasificación por el tipo de vía y los periodos de diseño del método AASHTO 1993, se la determinar puede determinar como una vía pavimentada de baja intensidad de tránsito con un periodo de diseño de 15-25 años.

Tabla 47.

Periodos de Diseño en función del tipo de vía.

Tipo de carretera	Periodo de diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10-20

Nota: Periodos de diseño según la vía. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993

Tr= 15-25 Año

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

b) Nivel de confiabilidad (R)

El nivel de confiabilidad puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto para la vida útil del proyecto adoptado durante el diseño. Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de (Z_r).

Tabla 48.

Niveles de Confiabilidad de acuerdo a la función de la vía

Niveles de confiabilidad		
Clasificación funcional	Nivel confiabilidad (R) recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-90	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota. Niveles de confiabilidad según la vía. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De acuerdo a las características de la vía de borde del Camino de los Incas, se determina un nivel de confiabilidad (R) que varía entre 50 y 80% según el cuadro, por encontrarse en una zona urbana, de clasificación funcional correspondiente a un tipo de vía local.

El valor de Confiabilidad (R) adoptado es:

Se adopta R=80 %

c) Desviación normal (Z_r)

Es la abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una desviación típica (S_o), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Z_r) asociado a un nivel de confiabilidad (R).

Tabla 49.

Valores de Z_r en función de la confiabilidad

CONFIABILIDAD (R%)	DESVIACION NORMAL (Z_r)
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751

97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Nota. Cuadro desviación normal en función de confiabilidad de la vía. Fuente: Guía para pavimentos, método AASHTO 93.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De acuerdo a la confiabilidad presentada en la tabla R de 80% Se adopta una Desviación Normal (Z_r) de -0,841.

Se Adopta $Z_r = -0,841$

d) Desviación estándar (S_o)

La desviación estándar (S_o) o desvío estándar de todas las variables por recomendación de la Guía AASHTO se debe adoptar valores que se encuentren dentro del siguiente rango:

$$0,40 \leq S_o \leq 0,50 \quad \text{Para Pavimentos Flexibles}$$

Se adopta para Pavimento Flexible $S_o = 0,45$

e) Módulo resiliente de la sub-rasante (MR)

Los valores CBR que se presentan en el proyecto difieren en dos tramos, por lo que se usaran dos fórmulas diferentes:

Tabla 50.

Módulo resiliente MR en base al CBR del suelo

TRAMO	ABSCISA (Km)	CBR Diseño	FORMULA MR (Psi)	Mr (PSI)
I	0+000 A 2+3044	11,4	Mr= 2555* CBR ^{0,61}	11274,6447
II	3+600 A 5+287	8,4	Mr= 2555* CBR ^{0,61}	9358,39278

Nota. Módulo resiliente en función de resultados de CBR. Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

f) Pérdida del índice de serviciabilidad (Δ PSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. A través de este índice se califica las condiciones del pavimento, que va entre 0 para pavimentos en pésimas condiciones y 5 para aquella en perfecto estado. La serviciabilidad inicial (P_o) es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final ó terminal (P_t) es función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, por ende tiene que ver el criterio del proyectista.

Tabla 51.

Índice de Serviciabilidad

INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)	CALIFICACION
5 -- 4	Muy buena
4 -- 3	Buena

3 -- 2	Regular
2 -- 1	Mala
1 -- 0	Muy Mala

Nota. Tabla de índices de serviciabilidad. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

- Serviciabilidad inicial (PSIo):
Po = 4,2 para pavimentos flexibles
- Serviciabilidad final (PSIf):
Pt = 2,0 para caminos de tránsito menor

Para el diseño de pavimento flexible y articulado del presente proyecto se adoptan los siguientes valores:

Tabla 52.
Índice de serviciabilidad

Tipo de Pavimento	Po	Puf	$\Delta PSI = (Pt - Po)$
Flexible	4,2	2,0	2,2
Articulado	4,2	2,0	2,2

Nota: Índice de acuerdo al tipo de pavimento. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.11.2 Diseño de espesores del pavimento flexible

5.11.2.1 Parámetros específicos que intervienen en el diseño de pavimento flexible

a) Valor de soporte de california (CBR)

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

A continuación se presenta los valores CBR obtenidos en laboratorio a determinadas abscisas de la vía proyectada y con percentil al 85%.

Tabla 53.

Valor de Soporte California (CBR)

CALCULO DEL PERCENTIL 85 (TRAMO 1)					
ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCENTIL 85
0+000	1	13	21	12,5	
0+500	2	16	20	25,0	
1+000	3	11	19	37,5	
1+500	4	8	16	50,0	
1+700	5	20	16	62,5	
2+000	6	21	13	75,0	
2+500	7	19	11	87,5	11,4
3+000	8	16	8	100,0	

CBR DE DISEÑO = 11,4 %

Nota. Cálculo de percentiles para tramo 1. Fuente: Laboratorio de suelos UPS, Estudio Geotécnico, 2013.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Tabla 54.

Valor de Soporte California (CBR)

CALCULO DEL PERCENTIL 85 (TRAMO 2)					
ABSCISA	ORDINAL	CBR	CBR	% ACUMULADO	PERCENTIL 85
3+500	1	13	18	12,5	
4+000	2	10	13	25,0	
4+500	3	8	12	37,5	
5+000	4	12	12	50,0	
5+250	5	3	10	62,5	
5+500	6	12	10	75,0	
5+750	7	10	8	87,5	8,4
6+000	8	18	3	100,0	

CBR DE DISEÑO = 8,4 %

Nota. Cálculo de percentiles para tramo 2. Fuente: Laboratorio de suelos UPS, Estudio Geotécnico, 2013.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

b) Factor de drenaje (m)

Los tiempos de drenaje recomendados por la AASHTO, basadas en el tiempo que tarda el agua en ser evacuada, son las siguientes:

Tabla 55.

Capacidad de Drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	No drena

Nota. Tabla de capacidad de drenaje. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Por las características presentadas en el presente proyectos se asume que la calidad de drenaje es regular y el tiempo de evasión sea 1 semana.

Los coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles son los siguientes:

Tabla 56.

Valores para modificar los Coeficientes estructurales.

Capacidad de Drenaje				
	Menos del 1%	1% al 5%	5% al 25%	Más del 25%
Excelente	1,4 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Malo	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Muy Malo	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Nota. Coeficientes estructurales. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Debido a la condiciones del proyecto la capacidad de drenaje es regular con un porcentaje de tiempo expuesto a la saturación de 25%. Para las capas que intervienen en el proyecto se adoptan los siguientes valores de drenaje, según el material de cada una.

Tabla 57.

Factor de drenaje para el Camino de borde al Camino de los Incas

Capa	Factor de drenaje (m)
Capa de rodadura	1
Base	0,90
Sub-Base	0,80
Mejoramiento	---

Nota. Factores de drenaje para la vía. Fuente: ASSHTO.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

c) Módulo elástico o resiliente

El Módulo elástico o resiliente es un parámetro de gran importancia para entender el agrietamiento (por fatiga) de las superficies de asfalto y que la carga monotónica podría no ser la adecuada para su determinación. Los valores de modulo de elasticidad para los materiales necesarios para el presente diseño se detallan a continuación:

Tabla 58.

Módulos de Elasticidad de los materiales de Capas Estructurales

Capa	Módulo de elasticidad	
	(PSI)	Kg/cm ²
Capa de rodadura	390000	23682
Base	36948	2500
Sub-Base	20312	1428
Mejoramiento	15861	1015

Nota. Módulos de elasticidad de los materiales. Fuente: Laboratorio de Suelos - UPS, Estudio geotécnico, 2013. Elaborado por Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

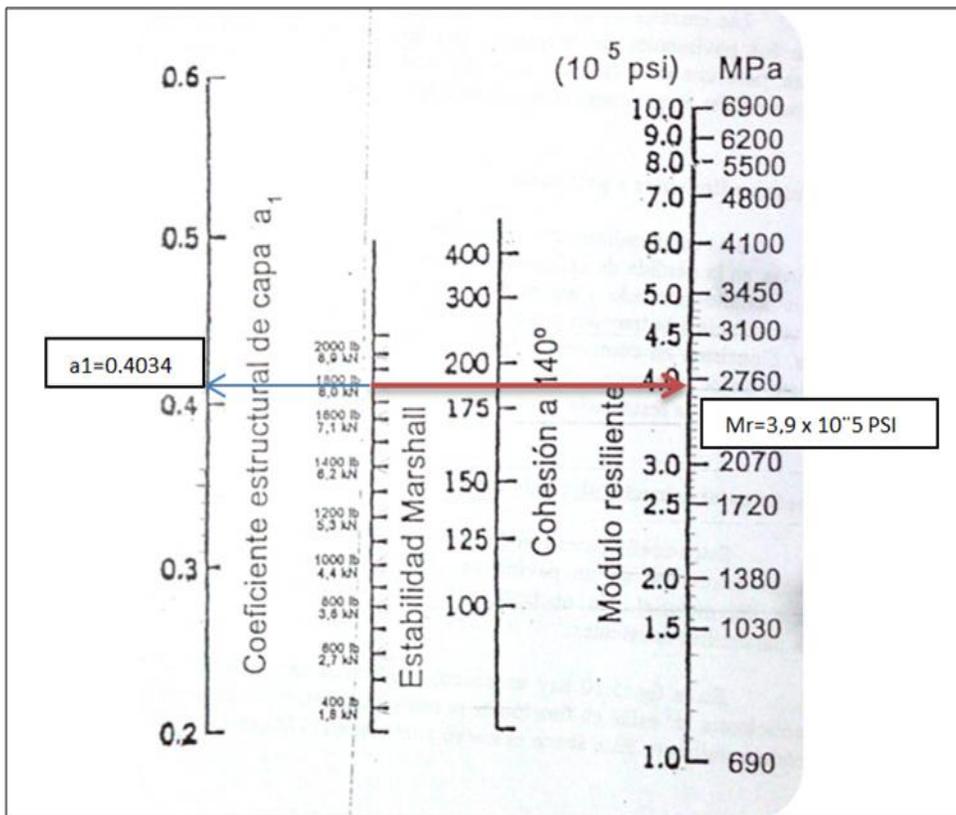
d) Coeficiente estructural de capa (a)

El coeficiente estructural de capa (a) se determina por medio de las características de cada material en particular que intervienen en el diseño de espesores del pavimento y con la ayuda de ábacos dados por el método de cálculo se obtienen los valores respectivos , como se detallan a continuación:

➤ **Coeficiente de capa de rodadura (a1)**

Tabla 59.

Abaco para estimar el coeficiente estructural de la capa asfáltica “a1” en base a la Estabilidad de Marshall.



Nota. Coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

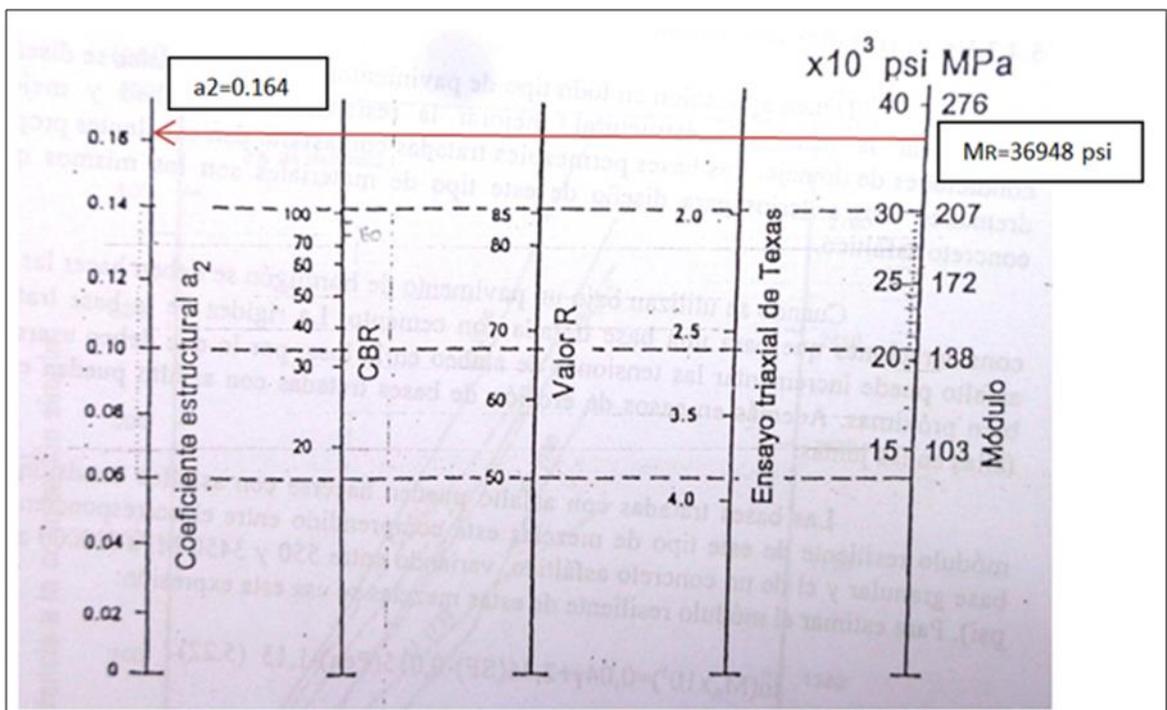
Mediante el dato del módulo de la elasticidad de la capa de rodadura en la base horizontal graficamos una vertical hasta la curva del Abaco y en este punto se traza una horizontal que dará el valor del coeficiente a_1 que en este caso es:

$a_1 = 0,4034$

➤ **Coefficiente de la Base (a_2)**

Tabla 60.

Abaco para estimar el coeficiente estructural de la base granular " a_2 "



Fuente: Guía para diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

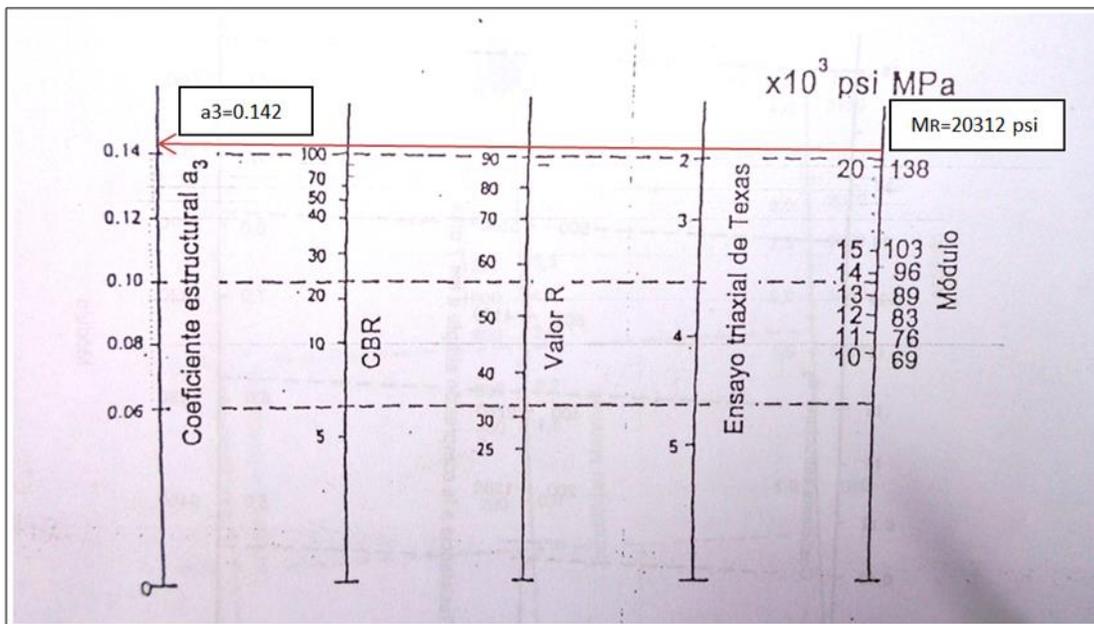
El coeficiente estructural de la capa base (a_2) se determina ingresando el valor del módulo de elasticidad que en este caso es $MR = 36948$ PSI en la quinta línea de la gráfica (extremo derecho) y avanzamos de forma horizontal hasta la primera vertical (extremo izquierdo) la cual indica el valor del coeficiente que es el siguiente:

$a_2 = 0,164$

➤ **Coefficiente de la sub-base (a3)**

Tabla 61.

Ábaco para estimar el numero estructural de la Sub-Base granular "a3"



Nota. Abaco para determinar número estructural para sub-base granular. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Para este coeficiente se realiza el mismo procedimiento que se dio para encontrar el coeficiente a2, se ingresa en la vertical (5) el valor del módulo de elasticidad que es de MR= 20312 Psi para este material y esta se proyecta de forma horizontal hasta la primera línea del extremo izquierdo donde nos indica el valor del coeficiente a3.

a3= 0,142

5.11.2.2 Determinación del numero estructural (SN)

El Número estructural SN representa la capacidad que posee una capa para soportar las solicitudes del tráfico, tiene unidades de longitud y se expresa en milímetros.

Para la determinación del Numero estructural SN se tiene como base de cálculo una ecuación general en la cual intervienen varios parámetros anteriormente descritos, lo cual puede ser resuelto por medio de un ábaco (fig.---) sin embargo exclusivamente para este estudio se han utilizado interacciones mediante el programa Excel para la determinación del valor SN solicitado, lo cual dará mayor facilidad y exactitud para el cálculo.

Ecuación general:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\Delta \text{PSI}}{\log [\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5}]} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

- I: Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (Po) y Final (Pt).
- SN: Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores)
- W18: Trafico equivalente, número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton en el periodo de diseño
- Zr: Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
- So: Error estándar combinado
- Mr: Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)
- ai: Coeficiente Estructural de la capa i
- Di: Espesor de la Capa i

mi: Coeficiente de Drenaje de la Capa Granular i

Para mayor facilidad de cálculo análisis y correcciones la ecuación ha sido ingresada en una de cálculo Excel con la cual por intermedio de interacciones se determina el valor de SN.

5.11.2.3 Determinación de los espesores de las capas estructurales (D)

Por efecto de las tensiones verticales altas la estructura del pavimento está expuesto a deformaciones permanentes que el método prevé y da espesores mínimos de capas estructurales en función del tráfico equivalente o ESAL's del proyecto como lo indica el siguiente cuadro.

Tabla 62.

Espesores mínimos de capa en función de ESAL's

Numero de tráfico Equivalentes o ESAL's	Espesores Mínimos			
	Concreto Asfáltico		Base Granular	
	Pulg.	cm	Pulg.	cm
Menos de 50 000	1 o T.S	2.5 o T.S	4.0	10.0
50 000 - 150 000	2.0	5.0	4.0	10.0
150 001 - 500 000	2.5	6.5	4.0	10.0
500 001 - 2 000 000	3.0	7.5	6.0	15.0
2 000 001 - 7 000 000	3.5	9.0	6.0	15.0
7 000 001 o más	4.0	10.0	6.0	15.0

T.S = Tratamiento Superficial

Nota: Espesores mínimos de capa según ESAL's. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Para realizar el proceso se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 + a_4 * D_4 * m_4$$

Donde:

SN = Numero Estructural

a_1, a_2, a_3 y a_4 = Coeficientes estructurales de Capa (Capa de rodadura, Base, Sub-base, Mejoramiento)

D_1, D_2, D_3, D_4 = Espesor de cada capa estructural (Capa de rodadura, Base, Sub-base, Mejoramiento)

m_2, m_3, m_4 = valor de coeficientes de drenaje de cada capa estructural (Capa de Rodadura, Base, Sub-base, Mejoramiento)

En la determinación de los espesores de cada capa se debe considerar en la ecuación de diseño el modulo elástico de cada capa que está inmediatamente por debajo de la capa en análisis considerando esto para determinar el espesor de la capa de rodadura D_1 , se tiene en cuenta el modulo elástico de la capa base, y de esta manera se obtiene el SN_1 que tiene que ser soportado por la capa de rodadura.

En donde el espesor de la capa de rodadura D_1 debe ser:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Teniendo que: $SN_1^* = a_1 * D_1$

Continuando con la determinación del espesor de la capa Base de la estructura, la misma que debe ser:

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2} \geq \frac{SN_{BASE}}{a_2 \cdot m_2}$$

Teniendo que:

$$SN_{BASE} = a_2 \cdot m_2 \cdot D_2$$

De igual forma, se continúa con la determinación del espesor de la capa de Sub-base, la cual debe ser:

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 * + SN_2)}{a_3 \cdot m_3} \geq \frac{SN_{SUB-BASE}}{a_3 \cdot m_3}$$

Teniendo que:

$$SN_{SUB-BASE} = a_3 \cdot m_3 \cdot D_3$$

Para finalizar se determina con el procedimiento el espesor de la capa de Mejoramiento, el mismo que se obtiene así:

$$D_3 \geq \frac{SN_{TOTAL} - (SN_1 * + SN_2 * + SN_3 *)}{a_4 \cdot m_4} \geq \frac{SN_{MEJORAMIENTO}}{a_4 \cdot m_4}$$

Teniendo que

$$SN_{MEJORAMIENTO} = a_4 \cdot m_4 \cdot D_4$$

Finalizando, se debe tener que la suma de los números estructurales de las capas deben ser igual o mayor al Número estructural determinado en el análisis:

$$SN_1 * + SN_2 * + SN_3 * + SN_4 * \geq SN_{TOTAL}$$

$$SN *_{TOTAL} \geq SN_{TOTAL}$$

Al seguir este proceso, se llega a obtener los espesores de Capa de la estructura vial.

En el análisis del proyecto en estudio se utiliza la ecuación de diseño ya que es mucho más preciso y se puede realizar correcciones necesarias.

Para mayor facilidad se ha realizado la hoja de calculado Excel que consta de las siguientes partes:

Identificación e información del proyecto, donde consta el nombre asignado al proyecto y el abscisado del cual es parte el análisis.

La hoja de cálculo consta de:

- a) Ingreso de datos iniciales; en donde se incluye información de:

- Valor de tráfico equivalente o ESAL's
- Periodo de Diseño
- Nivel de Confiabilidad (R)
- Desviación Normal (Z_r)
- Desviación Estándar (S_o)
- Valor de soporte California (CBR)
- Módulo Resiliente de la Sub-rasante (M_R)
- Serviciabilidad Inicial (PSI_o)
- Serviciabilidad Final (PSI_f)
- Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)

b) Ingreso de variables relacionadas con las características de los materiales que componen a estructura vial; en donde se tiene información de :

- Módulos Elásticos
- Valor de Coeficiente estructural (a)
- Valor de Factor de drenaje (m)

Esta información será de Capa de Rodadura, Base, Sub-base y capa de mejoramiento.

c) En este punto se realiza el ajuste y determinación del Numero estructural del paquete; para lo cual se realiza lo siguiente:

- Se determina el logaritmo de los ejes equivalentes o ESAL's en la celda LOG (ejes), para ser igualada con la otra parte de la ecuación la cual variará de acuerdo a lo que varíe el valor de la celda del SN.

Y se obtendrá el valor del Numero Estructural (SN) de diseño al igualarse las dos partes de la ecuación.

d) En este punto la hoja de cálculo determina los espesores de cada capa estructural según el número estructural dado a cada uno.

5.11.2.4 Hojas de cálculo del diseño de pavimento flexible

A continuación se presenta el diseño de Pavimento Flexible con los respectivos valores de los parámetros de cálculo y determinando los valores de cada capa y del espesor de la capa de pavimento:

Tabla 63.
Diseño de Pavimento flexible

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE		
PROYECTO:	Via de Borde del Camino de los Incas	METODO AASHTO 1993
ABSCISA:	0+000 a 2+304 Km (TRAMO I)	

A) DATOS GENERALES	ETAPA 1 (INICIAL)		ETAPA 2 (FINAL)	
Ejes equivalentes 8,2 Ton (W18)=	1288976	Esal's	3290803	Esal's
Periodo de Diseño (años) =	10	Años	20	Años
Cofiabilidad (R) =	80	%	80	%
Desviacion Normal (Zr) =	-0,841		-0,841	
Desviacion Estandar (So) =	0,45		0,45	
CBR (diseño) =	11,4		11,4	
Modulo Resiliente (MR) =	11274	Psi	11274	Psi
Serviciabilidad inicial (PSI _o) =	4,2		4,2	
Serviciabilidad final (PSI _f) =	2		2	
Perdida serviciabilidad (ΔPSI) =	2,2		2,2	

B) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	Carpeta Asfáltica	Base	Sub-base	Mejoramient
MR Modulo Elastico (Psi)	390000	36948	20312	15861
Coficiente Estructural de capa (a _i)	a1 0,4034	a2 0,164	a3 0,142	a4 0
Factor de Drenaje (m _i)	m1 1	m2 0,9	m3 0,9	m4 0

C) ESPESORES DE CAPAS PARA ETAPA 1			D (Espesor de cada capa)			
Tipo de Capa	SN*		Calc. (pulg)	Calc. (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)
Carpeta Asfáltica	SN1*	1,8153	4,5	11,43	2,95	7,5
Base Granular	SN2*	0,5904	4	10,16	5,91	15
Sub-base Granular	SN3*	0,4473	3,5	8,89	7,87	20
Mejoramiento	SN4*	0	0	0	0	0
ΣSN*calc =		2,853	12	30,48	16,732283	42,5
SN requerido=		2,8	≤		ΣSN* Ajust= 3,07	

D) ESPESORES DE CAPAS para ETAPA 2			D (Espesor por capa)			
Tipo de Capa	SN*		Calc. (pulg)	Calc. (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)
Carpeta Asfáltica	SN1*	2,09768	5,2	13,21	3,94	10
Base Granular	SN2*	0,5904	4	10,16	5,91	15
Sub-base Granular	SN3*	0,639	5	12,7	7,87	20
Mejoramiento	SN4*	0	0	0	0	0
ΣSN*calc. =		3,32708	14,2	36,068	17,716535	45
SN requerido=		3,22	≤		ΣSN* Ajust= 3,47	

E) ESPESORES DEFINITIVOS		ETAPA 1 (cm)	ETAPA 2 (cm)
	Carpeta asfáltica	7,5	2,5
	Base Granular	15	
	Sub-base granular	20	
	Mejoramiento	0	
	ESPEJOR TOTAL	42,5	

→
Incremento
**

**Espesor que se incrementa a la capa asfáltica para cumplir el trabajo estructural requerido en la etapa 2, las demas capas mantienen su conformación estructural.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO: Via de Borde del Camino de los Incas
 ABCISA: 3+600 a 5+288 Km (TRAMO II)

METODO AASHTO 1993

A) DATOS GENERALES

	ETAPA 1 (INICIAL)		ETAPA 2 (FINAL)	
Ejes equivalentes 8,2 Ton (W18)=	1288976	Esal's	3290803	Esal's
Periodo de Diseño (años) =	10	Años	20	Años
Cofiabilidad (R) =	80	%	80	%
Desviacion Normal (Zr) =	-0,841		-0,841	
Desviacion Estandar (So) =	0,45		0,45	
CBR (diseño) =	8,4		8,4	
Modulo Resiliente (MR) =	9358	Psi	9358	Psi
Serviciabilidad inicial (PSI _o) =	4,2		4,2	
Serviciabilidad final (PSI _f) =	2		2	
Perdida serviciabilidad (ΔPSI) =	2,2		2,2	

B) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

	Carpeta Asfáltica	Base	Sub-base	Mejoramiento
MR Modulo Elastico (Psi)	390000	36948	20312	15861
Coficiente Estructural de capa (ai)	a1	a2	a3	a4
	0,4034	0,164	0,142	0
Factor de Drenaje (mi)	m1	m2	m3	m4
	1	0,9	0,9	0

C) ESPESORES DE CAPAS PARA ETAPA 1

Tipo de Capa	SN*	D (Espesor de cada capa)				
		Calc. (pulg)	Calc. (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)	
Carpeta Asfáltica	SN1*	1,8153	4,5	11,43	2,95	7,5
Base Granular	SN2*	0,6642	4,5	11,43	5,91	15
Sub-base Granular	SN3*	0,639	5	12,7	7,87	20
Mejoramiento	SN4*	0	0	0	0	0
ΣSN*calc =		3,1185	14	35,56	16,73	42,5
SN requerido=		2,99	≤		ΣSN* Ajust=	3,07

D) ESPESORES DE CAPAS para ETAPA 2

Tipo de Capa	SN*	D (Espesor de cada capa)				
		Calc. (pulg)	Calc. (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)	
Carpeta Asfáltica	SN1*	2,09768	5,2	13,208	3,937007874	10
Base Granular	SN2*	0,738	5	12,7	5,905511811	15
Sub-base Granular	SN3*	0,7668	6	15,24	7,874015748	20
Mejoramiento	SN4*	0	0	0	0	0
ΣSN*calc. =		3,60248	16,2	41,148	17,71653543	45
SN requerido=		3,43	≤		ΣSN* Ajust=	3,47

E) ESPESORES DEFINITIVOS

	ETAPA 1 (cm)		ETAPA 2 (cm)
Carpeta asfáltica	7,5	→ Incremento	2,5
Base Granular	15		
Sub-base granular	20		
Mejoramiento	0		
ESPESOR TOTAL	42,5		

**

**Espesor que se incrementa a la capa asfáltica para cumplir el trabajo estructural requerido en la etapa 2, las demas capas mantienen su conformación estructural.

Nota. Diseño de pavimento flexible.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.11.3 Diseño de pavimento articulado

5.11.3.1 Generalidades

En el sector de la vía de Borde del Camino de los Incas se ha considerado proponer el diseño de este tipo de pavimento debido a las condiciones solicitadas por parte del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural INPC quienes al considerar el Camino del Inca que bordea la vía es un patrimonio cultural pues una vía adyacente a esta debería ser de características similares, adicionalmente se podría considerar que la vía no sería de alto tráfico y por su rápida instalación y la posibilidad de retirar la carpeta de rodadura para realizar reparaciones inmediatas pues sería una buena opción.

En el presente trabajo se muestra el procedimiento de diseño utilizando el método de la AASHTO (Guide for Design of Pavement Structures. Edición 1.993)

5.11.3.2 Introducción

Los pavimentos articulados son utilizados en calles, patios industriales, parqueaderos siendo característica común el bajo volumen de tránsito o carga que soportará. Una de las principales ventajas en el uso de este tipo de pavimentos es la facilidad de su manipulación en la construcción, debido a que no necesita de maquinaria especial para el acabado de la superficie de rodadura y su menor tiempo de construcción a diferencia de otros tipos de pavimentos, además que es muy vistoso como elemento ornamental.

El pavimento articulado consiste en un manto flexible, compuesto de elementos uniformes que se colocan en yuxtaposición y que debido a la conformación de caras laterales se consigue una transferencia de cargas desde el elemento que la recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando solidariamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

5.11.3.3 Sistema de funcionamiento

El sistema de funcionamiento se basa en la trabazón que se logra entre bloques y con la arena en las juntas. Se distinguen tres tipos de trabazón: trabazón vertical, rotacional y horizontal.

La trabazón se define como la capacidad de resistir desplazamientos relativos entre elementos adyacentes. Estos sistemas de trabazón son la base de la capacidad estructural de la superficie de rodado. El efecto de la transmisión de esfuerzos verticales entre adoquines permite reducir hasta en 40% las presiones a nivel de la subrasante. La trabazón vertical se consigue a través de la arena que rellena las juntas.

La trabazón rotacional impide el desplazamiento relativo de rotación entre los bloques debido a la aplicación de cargas asimétricas. La rotación de los bloques se logra con el desplazamiento lateral de los elementos adyacentes. Es posible controlar estos desplazamientos construyendo restricciones en los bordes del pavimento.

5.11.3.4 Principales tipos de fallas

En pavimentos articulados de bloques de concreto, se presentan seis tipos principales de fallas:

- a) Pérdida y separación de bloques, producidos especialmente en tramos con pendiente, ya que por la vibración de vehículos permite que se deslicen a lo largo de la pendiente, aumentando la separación de juntas y eliminando la trabazón entre los bloques de concreto.
- b) Desprendimiento o desmoronamiento en bordes de bloques, debido principalmente al movimiento rotacional bajo carga vehicular. Para evitar esto se debe fabricar bloques con bordes chaflanados en la superficie de los mismos.
- c) Rompimiento o desgaste abrasivo de bloques, debido a efecto de cavitación o efecto erosivo en la base, o por baja resistencia de la base del pavimento. El efecto abrasivo se debe a baja resistencia de los agregados de mezcla o baja dosis de cemento.
- d) Deformación permanente y pandeo del pavimento, debido a filtraciones de agua en la base del pavimento disminuyendo la capacidad de soporte del mismo, o por compactación insuficiente de las capas inferiores de base o sub-base.
- e) Falla por corte, debido principalmente por la combinación de baja capacidad de soporte con altas solicitaciones de carga.

f) Agrietamiento por fatiga de base, originados principalmente en base de agregados semirrígidos bajo cargas repetidas.

5.11.3.5 Elementos componentes de los pavimentos articulados

Un pavimento articulado de concreto generalmente consiste de suelo de subrasante, sub-base granular (opcional), base granular, colchón de arena, el pavimento de bloques de concreto y el borde de confinamiento. El diseño y construcción de pavimento articulado varía con el clima, condiciones de disponibilidad de materiales, métodos de diseño, condiciones de suelo y cargas de tráfico. La colocación de los elementos puede ser manual o mecánica.

ELEMENTOS DE PAVIMENTO ARTICULADO

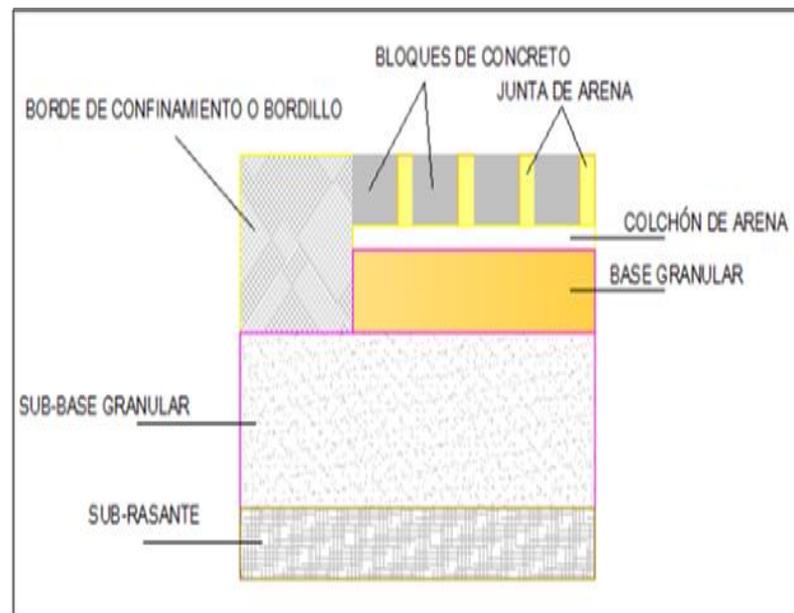


Figura 21. Elementos que componen un pavimento articulado. Fuente: Universidad Católica de Chile, Diseño Pavimentos Articulados, 2011.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Estructura de un pavimento articulado

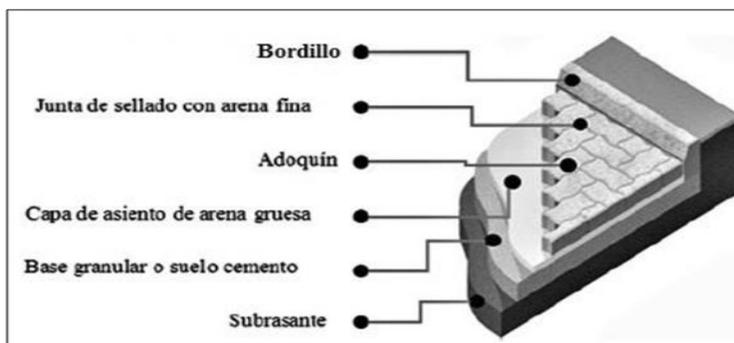


Figura 22. Estructura de un pavimento articulado. Fuente: entemunicipioscba.org.ar.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

A continuación se detallarán las principales características de los elementos que componen una estructura de pavimento articulado.

a) Subrasante

Esta capa debe ser excavada o repuesta según las condiciones del suelo natural, para posteriormente ser compactada. Se recomienda un porcentaje de compactación del 95% de Densidad de Proctor Modificado para áreas bajo cargas vehiculares según American Society for Testing and Materials (ASTM)). Suelos saturados o de baja capacidad de soporte podrán ser estabilizados o de ser necesario requerir drenaje para remover exceso de agua.

b) Base y sub-base granular

El espesor de la capa de base deberá ser determinada en función de la carga de tráfico, tipo de suelo, condiciones de clima y drenaje.

La compactación de la base granular es tan importante como la de subrasante, para evitar posteriores asentamientos en la superficie del pavimento, y especialmente a las áreas cercanas al borde de confinamiento (ver Figura 5.1), en estructuras de soporte de pavimento, etc. Una vez compactada la capa de base, deberá presentar un asentamiento dentro de 4-6 pulgadas. La densidad requerida para superficies de tráfico vehicular la

base deberá presentar al menos el 98% de la densidad Proctor Modificado según ASTM D 1557 (American Society for Testing and Materials (ASTM)). La superficie compactada deberá estar en condición húmeda dentro de una tolerancia de planeidad de ± 10 mm en 3 m (Uni-Group USA, 2010). Bases estabilizadas podrían ser usadas para pavimentos de servicio industrial con cargas de tráfico pesado o sobre subrasante de baja capacidad de soporte.

c) Colchón de arena

Los requisitos de granulometría para este tipo de arena están dados en ASTM C 33 (American Society for Testing and Materials (ASTM)) según tabla siguiente , donde se recomienda no usar arena de cantera o albañilería, debido a la presencia de partículas menores a la malla No. 200. El tamaño máximo de partículas para este tipo de arena está entre 2.5 a 4.0 mm. No se permitirá usar esta arena para rellenar fallas o depresiones en la capa de base de la estructura, ya que estas podrán reflejarse en la superficie del pavimento

Tabla 64.

Requerimientos Granulométricos para Arena utilizada en Colchón

Tamaño de Tamiz	Porcentaje que Pasa	
	ICH , 1991	ASTM C 33
3/8 pulgada (9.5 mm)	100	100
No 4 (4.75 mm)	95-100	95 a 100
No 8 (2.36 mm)	80-100	85 a 100
No 16 (1.18 mm)	50-95	50 a 85
No 30 (0.600 mm)	25-60	25 a 60
No 50 (0.300 mm)	10-30	10 a 30
No 100 (0.150 mm)	5-15	2 a 10
No 200 (0.075 mm)	0-10	-----

Nota. Granulometría para arena de colchón para adoquinado. Fuente: Uni-Group USA, 2010; Instituto del Cemento y del Hormigón en Chile, 2011.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

d) Juntas de arena

La ASTM C 144 (American Society for Testing and Materials (ASTM)) recomienda el uso de arena seca fina. El ancho de la junta deberá estar en un rango de 2 a 5 mm, y no más del 5% de la junta deberá exceder 6 mm. La alineación del aparejo de colocación de juntas no deberá tener una desviación mayor de ± 1.5 mm en 15 m de la guía de alineación. Además se deberá rellenar los espacios entre los bordes de confinamiento y el pavimento articulado, con bloques cortados o unidades de confinamiento.

Tanto la arena para juntas como para colchón de arena debe ser lavada, limpia, no plástica, libre de materiales deletéreos y extraños, de forma simétrica, natural o fabricada de la trituración de roca. Se recomienda no utilizar arena con presencia de cal, polvo de piedra o arena de albañilería o de mampostería.

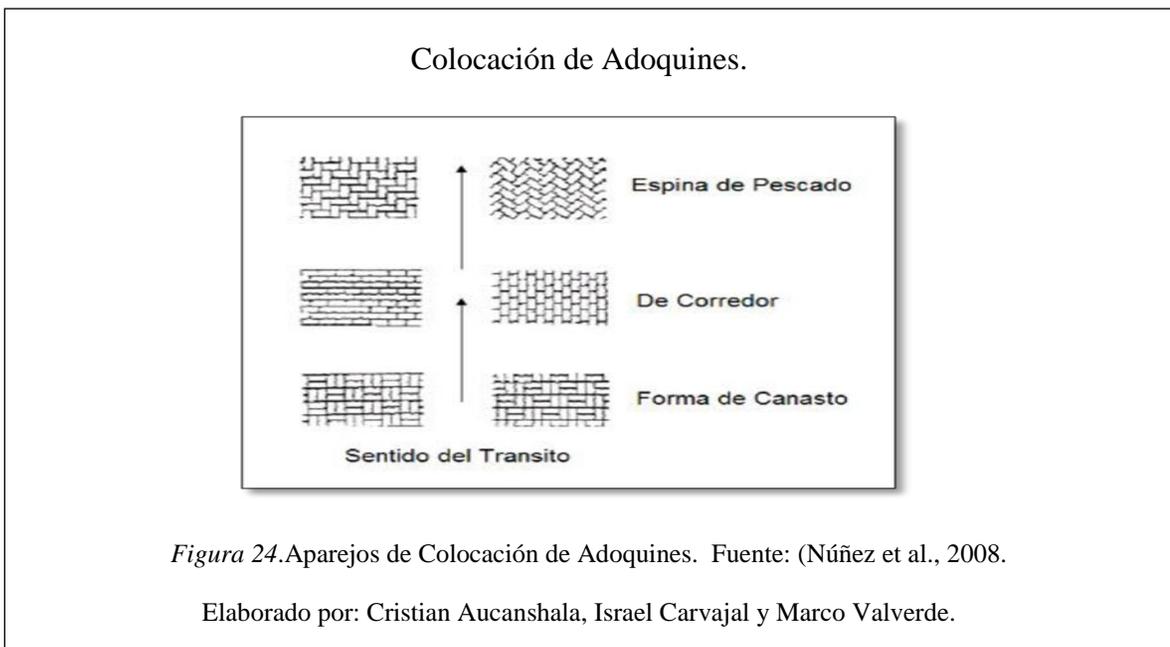
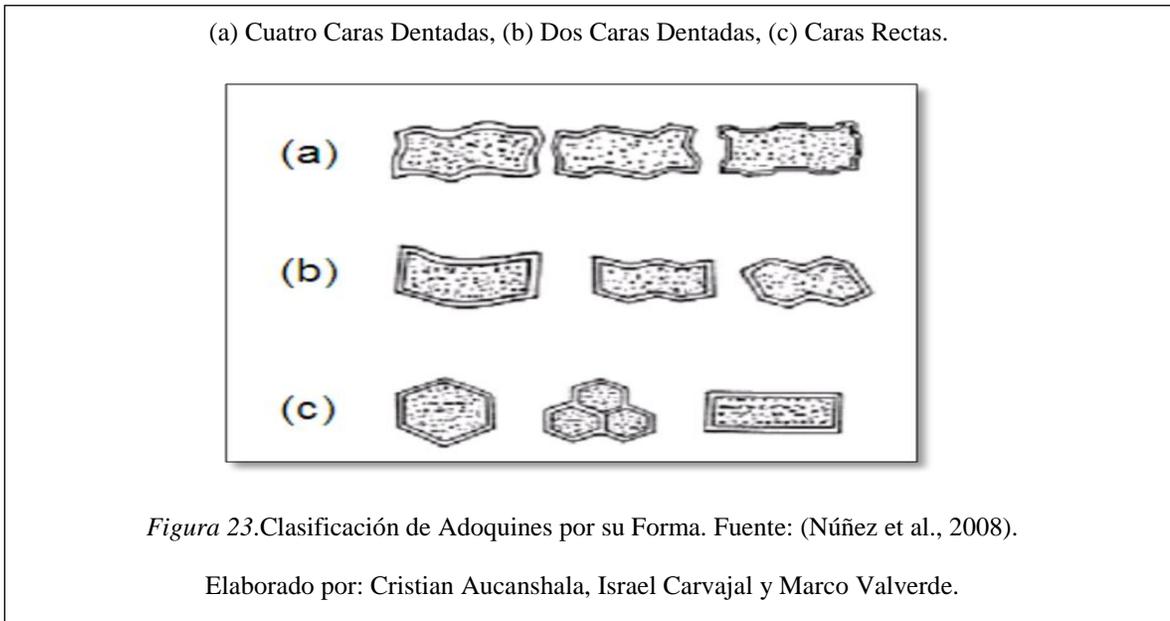
e) Adoquines

La forma de los adoquines o también llamados bloques de concreto, determina el modelo y manera de su colocación. Para pavimentos sujetos a carga vehicular se recomienda colocar los bloques de concreto en forma de espina de pescado con un ángulo de esviaje de 45° o 90° (ver Figura 2-2) para lograr un mejor comportamiento estructural y máxima trabazón entre los elementos. Además se requerirá cortar algunos elementos que deberán estar colocados contra los bordes de confinamiento para lo cual su tamaño no deberá ser menor a $1/3$ del tamaño total del elemento. Posteriormente la arena es utilizada en un barrido para rellenar completamente las juntas y volviendo a compactar de dos a tres veces, hasta lograr el relleno total.

Formas de los adoquines

Dependiendo de las formas de los adoquines, estos se pueden disponer de distintas maneras en el pavimento, tal como se muestra en la Figura 2-1 y Figura 2-2. Los adoquines con cuatro caras dentadas pueden aparejarse o colocarse en “espina de pescado” y por su trabazón en las cuatro caras, al unirse, resisten el desplazamiento relativo en sentido longitudinal y transversal. Los adoquines con dos caras dentadas se entrelazan sólo en dos caras, por lo que no pueden usarse en “espina de pescado”; y sólo resisten desplazamientos relativos en las caras paralelas a los ejes longitudinales, dependiendo de la precisión dimensional y de la precisión en la colocación. Adoquines

de caras rectas depende exclusivamente de la precisión dimensional y de colocación para desarrollar alguna trabazón. (Núñez et al., 2008). Otra propiedad requerida en el proceso de colocación de bloques de concreto es la planeidad, que consiste en el desnivel que existe entre bloques contiguos, recomendado una diferencia de desnivel no mayor a 3 mm; y no deberá existir una deflexión mayor a 10 mm en una longitud de 3 m (Uni-Group USA, 2010).



Por otra parte, el comportamiento también dependerá de las propiedades intrínsecas del adoquín, como resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión, etc. Según la ASTM C 140 (American Society for Testing and Materials (ASTM)), el promedio de resistencia a compresión de bloques de concreto debe ser igual a 55 MPa., y ningún resultado individual deberá ser menor a 50 MPa.; el promedio de absorción de agua deberá estar en 5 % y ningún resultado individual mayor a 7%.

f) Borde de confinamiento

Los bordes de confinamiento o bordillos son esenciales para el desempeño en un pavimento articulado. Estos bordes sostiene el pavimento y la arena de juntas, permitiendo que el pavimento se encuentre intertrabado o con trabazón entre sus elementos y que generalmente se colocan antes del colchón de arena y adoquines.

Pavimentos vehiculares con pendientes (ver Figura 2-5) del orden de 8 a 12 % puede requerir la construcción de vigas de concreto (concrete header beams) como elementos de encabezado; para pendientes de 12 a 15 %, el espacio máximo recomendado entre elementos de encabezado de vigas es de 30 m.; pendientes entre 15 a 20 % espaciamiento de 20 m; y para pendientes de 20 a 25 % un espaciamiento no mayor que 15 m.

5.11.3.6 Consideraciones de drenaje

Todas las obras de drenaje serán construidas con las mismas recomendaciones para uso en pavimentos flexibles. Drenajes abiertos deberán ser cubiertos de geotextil para prevenir la pérdida de la arena en colchón. En caso de un recubrimiento o incrustación con pavimento articulado sobre pavimento existente, las fisuras de 10 mm de largo o mayores deberán ser cubiertas previo a la colocación de geotextil, colchón de arena y pavimento nuevo. La Figura 2-5 presenta un detalle de los elementos necesarios para construcción de drenaje en un pavimento de tipo articulado en pendiente.

Drenaje en Pavimentos Articulados.

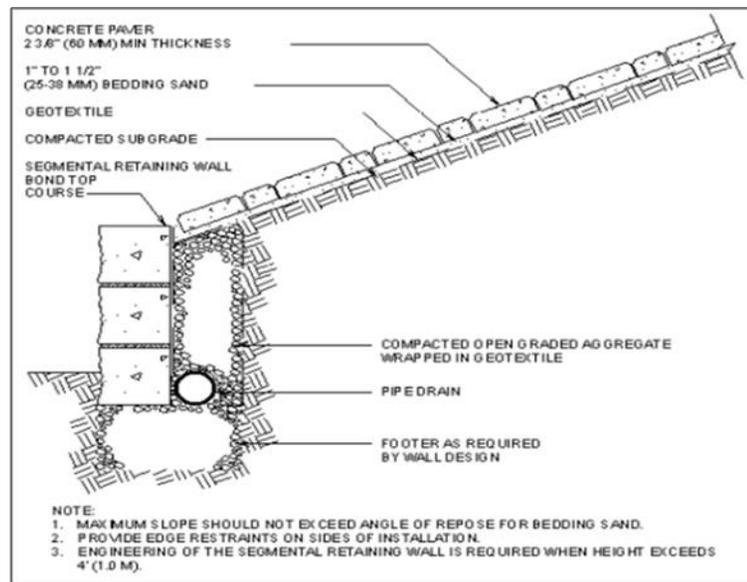


Figura 25. Consideraciones de Drenaje en Pavimentos Articulados Fuente: (Uni-Group USA, 2010).

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.11.3.7 Ventajas y desventajas de los pavimentos articulados

A continuación se describen las principales ventajas de la utilización de pavimentos articulados frente a otro tipo de pavimentación.

- El ensamble y las juntas a corta distancia, evitan que el pavimento se deteriore, fisurándose o quebrándose, por la acción de cargas accidentales y de temperaturas extremas, como por asentamientos en capas inferiores.
- No tiene el inconveniente del deterioro que se produce en las curvas o por efecto del frenado y arranque en los cruces de calles, paradas de colectivos, etc., los que originan en este caso tensiones de corte por la combinación de fuerzas verticales (cargas) y horizontales (frenadas y arranques).
- Por estar compuesto de piezas de dimensiones relativamente reducidas, la colocación del pavimento articulado resulta cómoda, práctica y sencilla.
- Resulta sencilla la demarcación o la señalética vial, mediante la variación de color o de textura superficial de los elementos.

- Elimina la influencia de factores de perturbación y demora en la construcción y habilitación de las calzadas tales como las interrupciones que se producen durante la construcción, principalmente en zonas urbanas debido a la existencia de un gran flujo vehicular.
- Los adoquines se fabrican en una planta, lo que hace posible un desarrollo controlado de su producción, mediante la aplicación de técnicas depuradas en la preparación de las mezclas y procesos de elaboración.
- Es posible la remoción parcial o total del pavimento, rápidamente y sin rotura de los elementos, para permitir el paso de canalizaciones subterráneas, colocación de tanques o depósitos subterráneos, etc.

Desventajas

Además se presenta como posibles desventajas en este tipo de pavimentación los siguientes aspectos: menor sensación de comodidad dentro del vehículo a altas velocidades de desplazamiento; necesidad de excelentes condiciones de drenaje bajo la capa de rodado ya que esta no presenta características de impermeabilidad; entre otras.

5.11.3.8 Diseño de espesores del pavimento articulado

Para el análisis estructural del pavimento articulado se ha utiliza la Guía de Diseño ASSHTO 1993 donde se va determinar ciertas características y propiedades mecánicas de cada uno de los elementos que lo conforman; para lo cual se usa el mismo método utilizado para pavimento flexible.

5.11.3.9 Parámetros utilizados para el diseño de pavimentos articulados

El método AASHTO de 1993 requiere las siguientes variables para determinar los espesores:

- Tráfico
- Confiabilidad,
- Serviciabilidad
- Propiedades de los materiales.

a) Trafico

Como lo dicho en el diseño de pavimento flexible, según el método AASHTO en los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil por lo tanto el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y estos para realizar los cálculos, se los transforma a “equivalent simple axial load” o ESAL que es un número equivalente de ejes tipo de 80 KN. Este análisis se detalla en el estudio de trafico tanto para pavimentos Flexible y Articulado (Adoquinado).

Tabla 65.

Número de ejes Equivalentes para 10 y 20 años y tipo de vehículos

		PERIODOS DE DISEÑO (años)			
Tipo de vehículo	F C E	10		20	
		TPDA	ESAL's	TPDA	ESAL's
Livianos	0,001	170,7758135	312	225,7807081	824
Camionetas	0,008	44,22584016	646	58,47046664	1707
Bus	2,676	57,65342274	281562	71,50570392	698424,8125
2D camión	5,245	78,89441587	755187	101,5068547	1943272,604
	3A 3,466	16,90594626	106938	21,75146887	275175,6575
T3-S2	6,274	12,60531081	144331	16,21820047	371398,4127
		63,51012489	1288976	82,53890045	3290803

Nota. Número de ejes equivalentes para periodos de diseño. Fuente: Autores. .

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

b) Confiabilidad (R) , desviación normal (Zr) y desviación estándar (So)

- Confiabilidad (R)

La confiabilidad del diseño de pavimentos se refiere a la probabilidad de que no exista diferencia entre el tráfico proyectado y aquel que realmente soportará el pavimento.

El nivel de confiabilidad puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto para la vida útil del proyecto adoptado durante el diseño. Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de (Zr).

Tabla 66.

Niveles de Confiabilidad de acuerdo a la función de la vía

Niveles de confiabilidad		
Clasificación funcional	Nivel confiabilidad (R) recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-90	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota. Tabla de niveles de confiabilidad para la vía. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De acuerdo a las características de la vía de borde del Camino de los Incas, se determina un nivel de confiabilidad (R) que varía entre 80 y 95% según el cuadro, por encontrarse

en una zona urbana, de clasificación funcional correspondiente a un tipo de vía colectora.

El valor de Confiabilidad (R) adoptado de acuerdo a las características presentadas en el proyecto es:

Se adopta R=80 %

- Desviación normal (Zr)

Es la abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una desviación típica (So), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Zr) asociado a un nivel de confiabilidad (R).

*Tabla 67.
Valores de Zr en función de la confiabilidad*

Confiabilidad (R%)	Desviación normal (Zr)
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34

92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Nota. Valores de desviación normal en función de la confiabilidad. Fuente: Guía para pavimentos, método AASHTO 93.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De acuerdo a la confiabilidad presentada en la tabla R de 80% Se adopta una Desviación Normal (Z_r) de -0,841.

Se Adopta **$Z_r = -0,841$**

- Desviación estándar (S_o)

La desviación estándar (S_o) o desvío estándar de todas las variables por recomendación de la Guía AASHTO se debe adoptar valores que se encuentren dentro del siguiente rango:

$$0,40 \leq S_o \leq 0,50 \quad \text{Para Pavimentos Flexibles}$$

Se adopta para Pavimento Flexible **$S_o = 0,45$**

c) Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. A través de este índice se califica las condiciones del pavimento, que va entre 0 para pavimentos en pésimas condiciones y 5 para aquella en perfecto estado. La serviciabilidad inicial (P_o) es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final ó terminal (P_t) es función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, por ende tiene que ver el criterio del proyectista.

Los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

- Serviciabilidad inicial (PSIo):
 $P_o = 4,2$ para pavimentos flexibles
- Serviciabilidad final (PSIf):
 $P_t = 2,0$ para caminos de tránsito menor

Para el diseño de pavimento flexible y articulado del presente proyecto se adoptan los siguientes valores:

Tabla 68
.Índice de Serviciabilidad

Tipo de Pavimento	P_o	P_f	$\Delta PSI=(P_t - P_o)$
Flexible	4,2	2,0	2,2
Articulado	4,2	2,0	2,2

Nota. Índice de serviciabilidad. Fuente: AASHTO.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

d) Propiedades de los materiales

Tabla 69.

Parámetros generales para diseño articulado

Parámetro		Valor Adoptado	AASHTO 1993 recomendado
1	Índice de Confianza (R)	80	50 - 80
2	Índice de Servicialidad inicial	4,2	4,2 - 4,4
3	Índice de serviciabilidad final	2	2,0 - 2,5
4	Índice de serviciabilidad de Diseño (Δ PSI)	2,2	—
5	Desviación estándar (S_o)	0,45	0,45
6	CBR de la Subrasante (%)	11,4 y 8,4	—
7	Modulo de Resiliencia (M_r)	11274 y 9358	—
8	Periodo de Diseño (Años)	20	—
9	Numero de Ejes Equivalentes 8,2Ton (W18)	3 290 803	—

Nota. Parámetros generales para diseño articulado. Fuente: AASHTO.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.11.3.10 Cálculo del número estructural SN

El diseño con este método se basa en las siguientes ecuaciones:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Dónde:

Zr: Es la desviación estándar que depende de la confiabilidad.

So: Es la desviación estándar de todas las variables.

SN: Es el número estructural y es la variable a resolver.

Δ PSI: Es el cambio en la serviciabilidad.

Mr: Es el módulo resiliente de la subrasante.

W18: Es el número de ejes equivalentes de 8.2 Ton

La ecuación general no se puede resolver algebraicamente, por esta razón la AASHTO desarrollo el siguiente ábaco para resolverla, el mismo que es mostrado en la figura.

Ecuación de Diseño

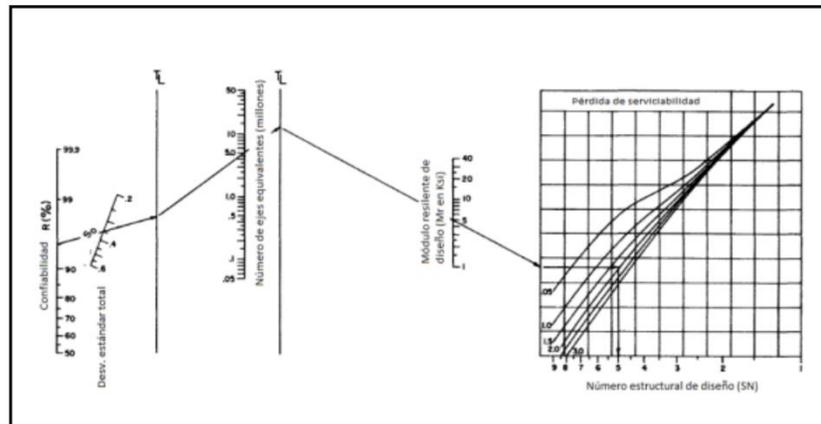


Figura 26. Ábaco para resolver la ecuación de Diseño Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993. Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Como se ha mencionada en el estudio del pavimento flexible para mayor facilidad y rapidez del desarrollo en la determinación del número estructural se realiza por intermedio de interacciones a través del programa Excel.

5.11.3.11 Parámetros específicos que intervienen en el Diseño de Pavimento Articulado

a) Coeficiente Estructural de Capa (a)

El coeficiente Estructural de Capa (a) se determina por las características de cada material en particular que intervienen en el diseño de espesores del pavimento. Se puede determinar con la ayuda de ábacos dados por el método AASHTO 1993 o a través de la fórmula en base al Módulo de elasticidad de cada material.

Los adoquines de concreto son elementos prefabricados estandarizados que son fabricados con espesores de 5 cm a 10 cm de espesor y descansan sobre una capa mínimo 1" de espesor llamada cama de arena. El espesor mínimo recomendado para pavimentos vehiculares es de 8cm y 3cm de cama de arena. Se recomienda que el valor de la capa estructural de esta capa sea de entre 0.3 pulg-1 y 0.44 pulg-1

- Coeficiente estructural del Adoquín (a1)

Para el caso del diseño de los pavimentos en la Vía de borde al camino del Inca se adoptará un coeficiente estructural para los adoquines de 0.42 por normativa.

$$a1=0,42$$

- Coeficiente estructural de la Base (a2)

Para determinar el coeficiente estructural de la base se puede realizar por fórmulas o ábacos de la Aashto 1993 que es nuestro caso.

$$a2 = 0.249 (\log(E \text{ base})) - 0.977 ; E= 36948 \text{ psi}$$

Utilizando el ábaco de la Aashto arroja el siguiente valor:

$$a2= 0.164$$

- Coeficiente estructural de la Sub-base

$$a3 = 0.227(\log(E \text{ subbase})) - 0.839 ; E = 20312 \text{ psi}$$

Utilizando los ábacos de la Aashto se determina:

$$a3=0.142$$

b) Factor de Drenaje (m)

Los tiempos de drenaje recomendados por la AASHTO, basadas en el tiempo que tarda el agua en ser evacuada, son las siguientes:

Tabla 70.

Capacidad de Drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	No drena

Nota. Capacidad de drenaje. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De los cuales por las condiciones presentadas para presente Diseño se tomara la opción: Regular a ser evacuada en 1 semana.

Los coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles son los siguientes:

Tabla 71.

Valores para modificar los Coeficientes estructurales.

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1%	1% al 5%	5% al 25%	Más del 25%
Excelente	1,4 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
Malo	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
Muy Malo	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Nota. Valores para modificar el coeficiente estructural Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Dadas las condiciones y la capacidad de drenaje de la vía para el presente proyecto se adoptan los siguientes valores de drenaje, según el material de cada capa.

Tabla 72.
Factor es de drenaje adoptado

Capa	Factor de drenaje (m)
Capa de rodadura	0.80
Base	0,90
Sub-Base	0,80
Mejoramiento	---

Nota. Factores de drenaje adoptado. Fuente: AASHTO.

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.11.3.12 Determinación de los espesores de las capas estructurales (D)

Una vez que se ha determinado el número estructural, las capas deben tener un espesor tal que alcance a cubrir ese número.

El número estructural que posee el pavimento posee la siguiente ecuación de cálculo, sin embargo como el valor de SN ya es conocido se procede a despejar la incógnita que en este caso serían los espesores de la capa de rodadura (D1), la base (D2) y la sub-base (D3); imponiendo valores sugeridos por normativas y varias propuestas se logra encontrar el valor que cumpla con el SN requerido y de esta forma diseñar los espesores necesarios de cada capa estructural.

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

Dónde:

SN: Es el número estructural.

a1 : Es el coeficiente de capa de los adoquines.

a2: Es el coeficiente de capa de la base.

a3: Es el coeficiente de capa de la sub-base.

m2: Es el coeficiente de drenaje de capa de la base

m3: Es el coeficiente de drenaje de capa de la sub-base

Di: Es el espesor de la i-ésima capa

A continuación se presenta las hojas de cálculo de las alternativas de diseño en los diferentes tramos de la vía en estudio:

Tabla 73.

Diseño de pavimento articulado

DISEÑO DE PAVIMENTO ADOQUINADO

PROYECTO: Via de Borde del Camino de los Incas METODO AASHTO 1993
 ABCISA : 0+000 a 2+304 Km (TRAMO I)

A. DATOS INICIALES

Ejes equivalentes 8,2 Ton (W18)=	3290803
Periodo de Diseño (años) =	20 Años
Cofiabilidad (R) =	80 %
Desviacion Normal (Zr) =	-0,841
Desviacion Estandar (So) =	0,45
CBR (diseño) =	11,4
Modulo Resiliente (MR) =	11274 Psi
Serviciabilidad inicial (PSIo) =	4,2
Serviciabilidad final (PSIf) =	2
Perdida serviciabilidad (ΔPSI) =	2,2

B CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

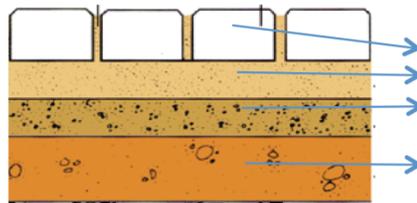
	Carpeta Adoquín	Base	Sub-base	Mejoramiento
MR Modulo Elastico (Psi)	400000	36948	20312	15861
Coficiente Estructural de capa (ai)	a1	a2	a3	a4
	0,42	0,164	0,142	0
Factor de Drenaje (mi)	m1	m2	m3	m4
	1	0,9	1	0

C DETERMINACION DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SN) AJUSTES

	General	Base	Sub-base	Mejoramiento
		1	2	3
Numero Estructural (SN)	3,22	2,095	2,61	2,85
LOG (Ejes)	6,517302	6,5173	6,5173	6,5173
Igualdad de Ecuacion	6,518251	6,516	6,5143	6,5127

D DETERMINACION DE ESPESORES DE CAPAS

Tipo de Capa	SN*		D (Espesor de cada capa)			
			Real (pulg)	Real (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)
Carpeta Adoquín	SN1*	2,1	5	12,7	3,94	10
Capa de Arena			1,57	4	0,79	2
Base Granular	SN2*	0,5166	3,5	8,89	0,00	0
Sub-base Granular	SN3*	0,71	5	12,7	11,81	30
	ΣSN*real =	3,3266	15,07	38,29	16,54	42
	SN=	3,22			ΣSN* Ajust=	3,33



DISEÑO DEFINITIVO		(cm)	(pulg)
Carpeta de Adoquin		10	3,94
Capa de arena		2	0,79
Base		0	0,00
Sub-base		30	11,81
ESPESOR TOTAL =		42	16,54

DISEÑO DE PAVIMENTO ADOQUINADO

PROYECTO: Via de Borde al Camino de los Incas
 ABCISA : 3+600 a 5+288 Km (TRAMO II)

METODO AASHTO 1993

A) DATOS INICIALES

Ejes equivalentes 8,2 Ton (W18)=	3290803	
Periodo de Diseño (años) =	20	Años
Cofiabilidad (R) =	80	%
Desviacion Normal (Zr) =	-0,841	
Desviacion Estandar (So) =	0,45	
CBR (diseño) =	8,4	
Modulo Resiliente (Mr) =	9358	Psi
Serviciabilidad inicial (PSIo) =	4,2	
Serviciabilidad final (PSIf) =	2	
Perdida serviciabilidad (ΔPSI) =	2,2	

B) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

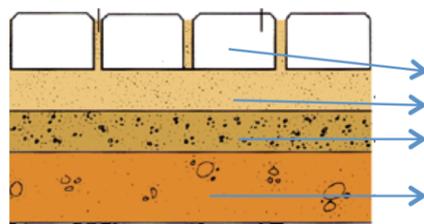
	Carpeta Adoquín	Base	Sub-base	Mejoramiento
MR Modulo Elastico (Psi)	400000	36948	20312	15861
Coefficiente Estructural de capa (ai)	a1	a2	a3	a4
	0,42	0,164	0,142	0
Factor de Drenaje (mi)	m1	m2	m3	m4
	1	0,9	1	0

C) DETERMINACION DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SN) AJUSTES

	General	Base	Sub-base	Mejoramiento
		1	2	3
Numero Estructural (SN)	3,43	2,095	2,61	2,85
LOG (Ejes)	6,51730	6,5173019	6,51730	6,51730
Igualdad de Ecuacion	6,51434	6,5155913	6,51434	6,51275

D) DETERMINACION DE ESPESORES DE CAPAS

Tipo de Capa	SN*	D (Espesor de cada capa)			
		Real (pulg)	Real (cm)	Ajust.(pulg)	Ajust.(cm)
Carpeta Adoquín	SN1*	5	12,7	3,9	10
Capa de Arena		1,575	4	0,8	2
Base Granular	SN2*	3,5	8,89	0	0
Sub-base Granular	SN3*	5,5	13,97	13,78	35
ΣSN* calc. =		15,57	39,56	18,50	47
SNrequerido=		3,43 ≤		ΣSN* Ajust= 3,61	



DISEÑO DEFINITIVO	(cm)	
	(cm)	(pulg)
Carpeta de Adoquin	10	3,94
Capa de arena	2	0,79
Base	0	0,00
Sub-base	35	13,78
ESPEJOR TOTAL =	47	18,50

Nota. Diseño de pavimento articulado. Fuente: Autores. .

Elaborado: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

5.12 Conclusiones

De acuerdo a los diferentes análisis y determinaciones que se ha realizado en este Diseño se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- En coordinación con la Administración Zonal Quitumbe una vez conocido la situación actual del sitio, el recorrido y el eje vial del proyecto la vía queda dividida en 2 tramos generales, el TRAMO I inicia en la abscisa 0+000 hasta 2+304Km con un CBR de 11,4 y el TRAMO II inicia en la abscisa 3+600 hasta 5+288 Km. con un CBR de 8.4.
- Comparando los 2 diseños realizados se comprueba que el diseño flexible (Asfalto) posee un espesor menor al del adoquinado, lo podría facilitar los trabajos de excavación y relleno.
- El Tramo I (abscisa 0+00 a 2+304Km) al tener un CBR mayor al del Tramo II hace que los espesores del pavimento en esta parte sean bajos y los costos disminuyan.
- Por considerarse una vía alterna a la principal (Av. Simón Bolívar) y de bajo tránsito se determina que no es necesario hacer mejoramiento del suelo en la subrasante.

Recomendaciones

- Debido a las exigencias de la INPC (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural) y la existencia de pequeños tramos con vías existentes, el proyecto podría realizarse de forma mixta, partes asfaltadas y partes adoquinadas.
- Hacer la ejecución de la obra lo más pronto posible, debido a que cada vez los asentamientos poblacionales se realizan con mayor rapidez, lo cual en el futuro es más complicado para la ejecución de los trabajos de construcción.

CAPITULO 6.

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

6.1 Generalidades

Del crecimiento poblacional nace la necesidad de optimizar la infraestructura de transporte, es por esa razón que surge la idea de construir una vía para mejorar la infraestructura vial y brindar mejores condiciones de vida a la población.

El estudio hidrológico e hidráulico es importante para determinar los parámetros de diseño de las obras de drenaje vial, dando así seguridad, durabilidad y bajos costos por mantenimiento y reconstrucción de la misma.

6.2 Información utilizada

La cantidad y sobre todo la calidad de la información con la que se cuenta, determina el tipo de resultado que se desea obtener; es por esto que se ha recopilado la información necesaria para llevar a cabo un buen estudio hidrológico e hidráulico.

Cartografía.- Se han utilizado cartas topográficas, de Chillogallo y Amaguaña a escala 1:25000 obtenidas del Instituto Geográfico Militar (IGM). En estas cartas se trazó el eje vial de los tramos a diseñar. El primero de 2304.22 metros que va desde el sector de San Martín (abscisa 0+000) hasta el sector de Músculos y Rieles (abscisa 2+304.22), y el segundo tramo de 1687,69 metros que va desde la entrada a Ciudad Jardín (abscisa 3+600.00) hasta el sector de Cebauco (abscisa 5+287.69); en estos se analizó las características físicas del terreno que determinaron el diseño de las obras de drenaje.

Tramos de diseño de la Vía de Borde al Camino del Inca

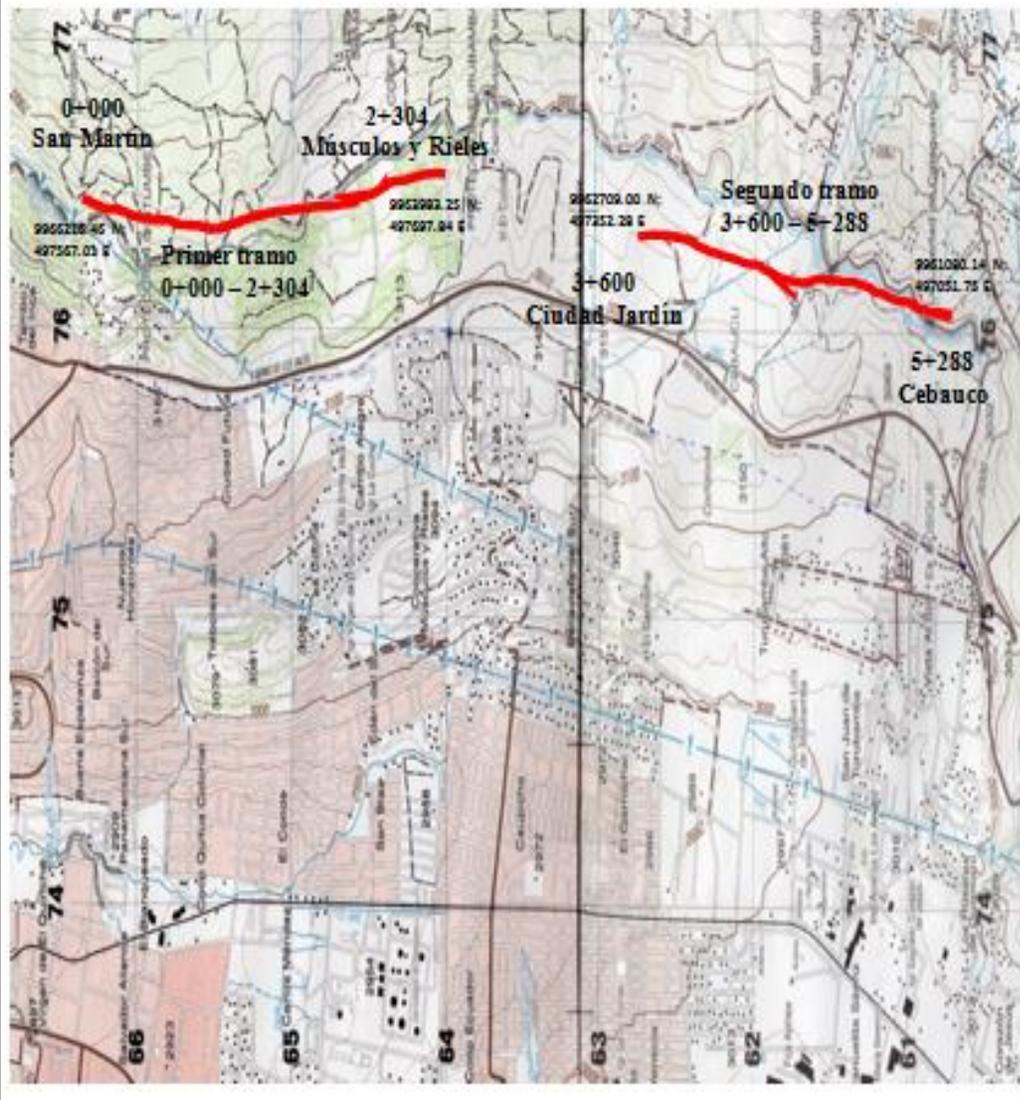


Figura 27. Tramos de diseño de la Vía de Borde al Camino del Inca.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Estaciones meteorológicas.- en la ciudad de Quito, existen seis estaciones meteorológicas, para el uso de su información es necesario determinar el área de influencia de estas estaciones.

Ubicación de estaciones meteorológicas

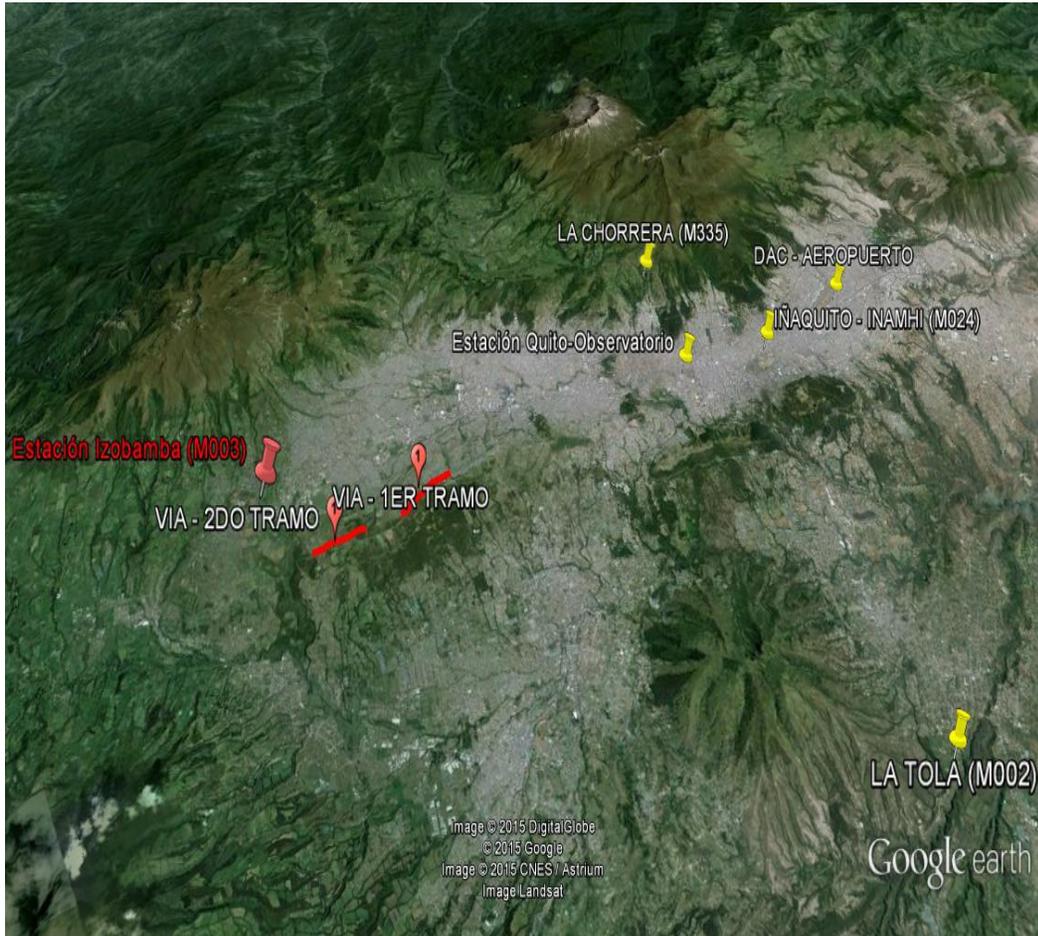


Figura 28. Ubicación de estaciones meteorológicas en la ciudad de Quito.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Precipitaciones.- En base a los datos de precipitación, obtenidas de los Anuarios Meteorológicos del INAMHI, se determina el régimen pluviométrico de la zona.

Régimen Pluviométrico de la Estación M003 – Izobamba

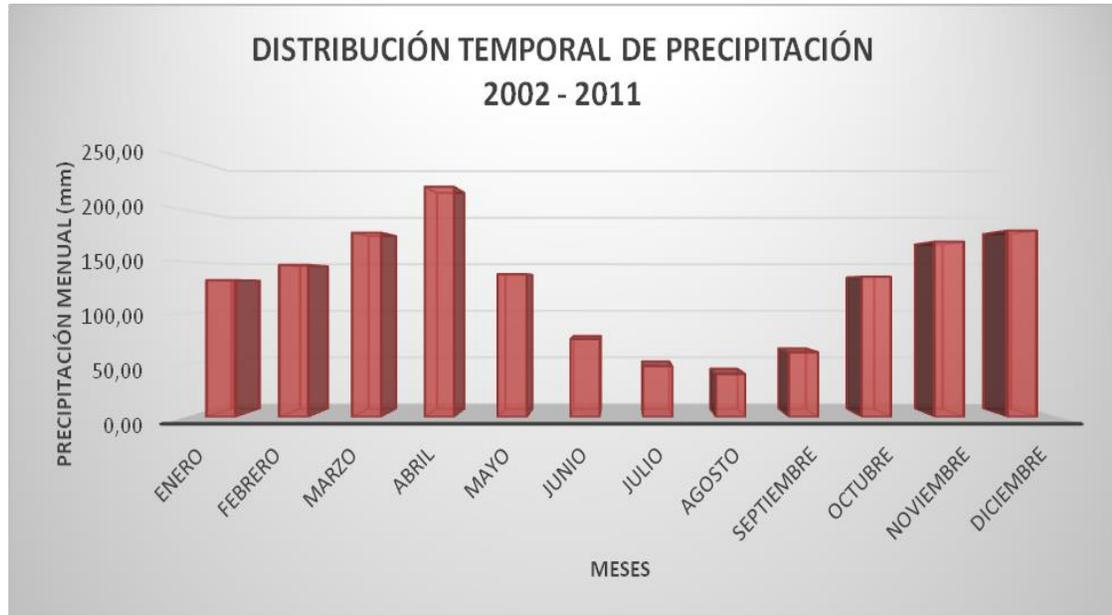


Figura 29. Régimen Pluviométrico de la Estación M003 – Izobamba. Fuente: Anuarios Meteorológicos 2002 – 2011 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

El conocer el régimen pluviométrico de la región donde atraviesa la vía es de mucha importancia porque influyen en la estabilidad y la vida útil de la obra.

Se puede observar que abril es el mes con mayor precipitación y agosto es el mes con menor precipitación; la época lluviosa va desde el mes de octubre hasta mayo y la época seca va desde el mes de junio hasta septiembre.

6.3 Determinación del caudal máximo

La vía por su ubicación, no cuenta con cauces aportantes; por lo que los caudales se estimarán solo de aquellos que se producen en la calzada.

Para determinar los caudales que serán empleados en el diseño de los diferentes elementos de drenaje, es necesario tomar en cuenta los factores que influyen directamente en su cálculo, entre los más importantes tenemos:

- Puntos de desagüe o sumideros (pueden existir varios de acuerdo a la longitud de la vía).
- Información meteorológica existente como caudales, intensidades de lluvias y con esto generar datos en sitios de interés.
- Generación de caudales para un periodo de retorno determinado, es decir para caudales de gran intensidad y corta duración que se producen en un cierto periodo.
- Tiempo de concentración.
- Aguas subterráneas que pueden dañar la vía.

Los métodos que se emplearon fueron el Método Racional y el de Izzard, sirven para realizar el cálculo de caudales para áreas de drenaje pequeñas (hasta 200 hectáreas según las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAPP-Q), y es necesario contar con datos de precipitaciones y análisis de frecuencias; estos métodos también son los más utilizados para drenaje urbano. Se emplean para el diseño de alcantarillas, cunetas y sumideros.

Con el Método Racional se procede a la determinación del caudal de diseño, mismo que está en función del: coeficiente de escurrimiento (depende del uso del suelo, pendientes, periodos de retorno, y demás características del área de estudio), intensidad de precipitación y el área a drenar.

La ecuación es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36}$$

Donde:

Q= Caudal 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 contribuyente en m².

6.3.1 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, pendiente longitudinal y cobertura vegetal.

Tabla 74.

Coeficiente de Escorrentía “C”

Tipo de superficie	Coef. Escorrentía (C)
Pavimentos de hormigón y asfálticos	0.70 – 0.95
Pavimentos adoquinados	0.60 – 0.70
Pavimentos Macadán (empedrados)	0.30 – 0.60
Superficies de grava	0.15 – 0.30
Zonas arboladas y bosques	0.10 – 0.20
Zonas con vegetación densa	
• Terrenos granulares	0.05 – 0.35
• Terrenos arcillosos	0.15 – 0.56
Zonas con vegetación media	
• Terrenos granulares	0.10 – 0.50
• Terrenos arcillosos	0.30 – 0.75
Tierras sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivables	0.20 – 0.40

Nota. Coeficientes de escorrentía. Fuente: Drenaje vial superficial y subterráneo, Rodrigo Lemos.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Tabla 75.

Calculo de Coeficiente de Escurrimiento en función de una constante (k)

1. Relieve Terreno	40 Muy accidentado. Pendientes superiores 30%	30 Accidentado. Pendientes entre 10% y 30%	20 Ondulado. Pendientes entre 5% y 10%	10 Llano. Pendientes inferiores al 5%
2. Permeabilidad del suelo	20 Muy impermeable. Roca	15 Bastante impermeable. Arcilla	10 Bastante permeable. Normal	5 Muy permeable. Arena
3. Vegetación	20 Ninguna	15 Poco menos del 10% de la superficie.	10 Bastante, hasta el 50% de la superficie.	5 Mucha, hasta el 90% de la superficie.
4. Capacidad de almacenamiento del agua	20 Ninguna	15 Poca	10 Bastante	5 Mucha
Valor de K comprendida entre	75 - 100	50 - 75	30 - 50	25 - 30
Valor de C	0.65 - 0.80	0.50 - 0.65	0.35 - 0.50	0.20 - 0.35

Nota. Calculo de coeficientes de escorrentía. Fuente: Drenaje vial superficial y subterráneo, Rodrigo Lemos.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

6.3.2 Intensidad de la precipitación

La intensidad de precipitación representa la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo, hay que considerar que el estudio de estas lluvias para tomar en cuenta en el diseño hidrológico de los sistemas de drenaje pluvial es netamente probabilístico.

En las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009, se recomienda para el diseño de obras de drenaje que se construyen en el sector sur oriental de la ciudad de Quito, usar la ecuación I-D-F de la Estación Izobamba (M003) desarrolladas en el proyecto Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Distrito Metropolitano de Quito (SISHILAD).

A continuación se describe la ecuación de intensidades máximas de la estación pluviográfica de Quito más cercana y de influencia para el proyecto.

Tabla 76.

Ecuación I-D-F de la estación Meteorológica Izobamba

Estación M003 - Izobamba		
Coordenadas	Altitud (metros)	Ecuación I-D-F
Latitud: 00°21'45" S	3058	$I = \{74.7140 * T^{0.0888} * [\ln(t + 3)]^{3.8202} * (\ln T)^{0.1892}\} / t^{1.6079}$
Longitud: 78°33'11" O		

Nota. Ecuación IDF de la estación meteorológica cercana al proyecto. Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Donde;

Tr= Periodo de retorno en años para el cual son aplicables la ecuación. Está comprendido entre 2 y 50 años.

t= duración de la lluvia en minutos, está comprendido entre 5 y 360 minutos.

6.3.3 Periodo de retorno (Tr)

El periodo de retorno (Tr) para el cual son aplicables las ecuaciones, está comprendido entre 2 y 50 años; según las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la

EMAAP-Q, 2009, considerando que el proyecto se construirá en un área comercial y residencial, se determinó que el periodo de retorno es de 25 años.

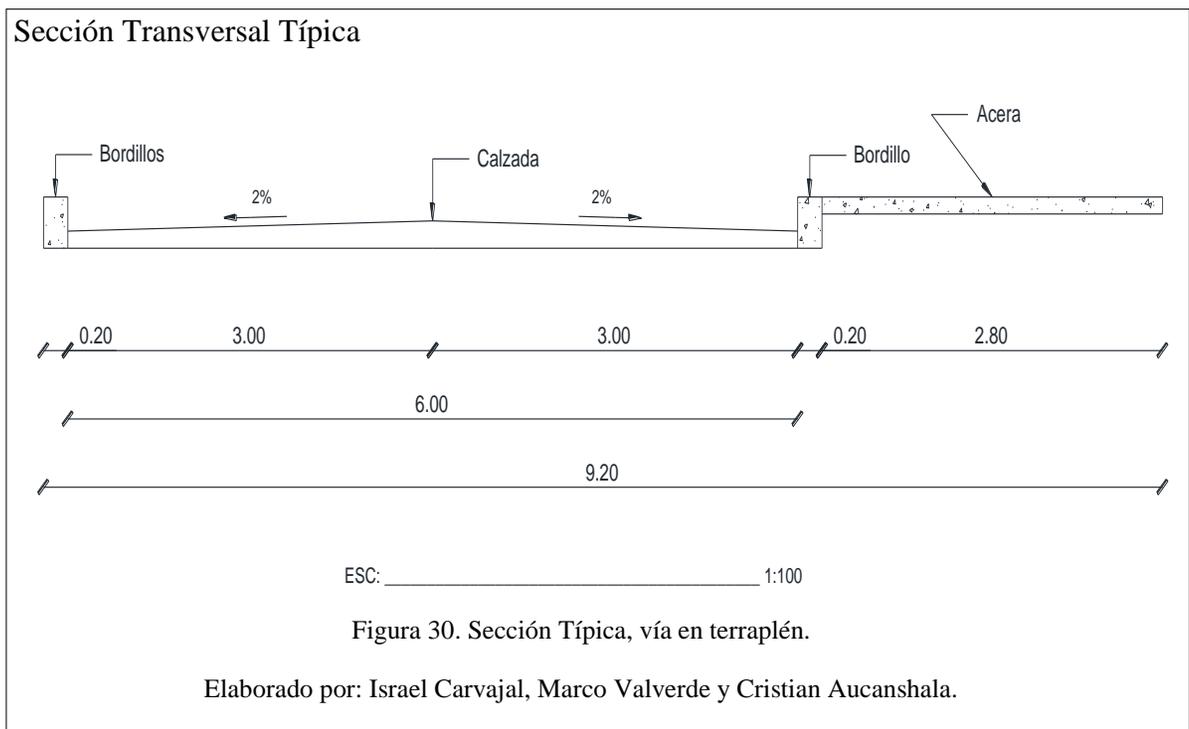
6.3.4 Tiempo de concentración

De acuerdo a las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009, el tiempo de concentración mínimo para zonas urbanas, para tramos iniciales de alcantarillado se adoptará igual a 5 minutos.

6.3.5 Área de aportación

Debido a que la vía no tiene áreas de aportación, se tomará en cuenta que la vía se encuentra en la cresta de la zona de estudio, es decir en la parte más alta, por lo que para determinar las diferentes áreas de aportaciones se tomó el área de la calzada más el área de la vereda; en la Figura 4. se muestra la sección típica que se consideró para el cálculo del área de aportación.

El área de aportación está dada por el ancho y la longitud, considerada hasta la ubicación del siguiente sumidero.



A continuación se detalla los caudales de diseño para los diferentes tramos de vía:

Tabla 77.

Caudales de Diseño

Descripción. del tramo				Caudal pluvial					
Vía de borde al Camino del Inca	POZO	L	Ancho	AT	C	Tc	Tr	I	Qp (q1)
		m	m	A (m ²)		min	años	mm/hr	lt/s
		Tramo 1 Ramal San Martín - Músculos y Rieles							
Ramal 1									
0+312	P4								
		52.00	9.00	468.00	0.80	5.00	25.00	153	15.90
0+260	P3								
		60.00	9.00	540.00	0.80	5.38	25.00	148	17.74
0+200	P2								
		75.00	9.00	675.00	0.80	5.82	25.00	143	21.41
0+125	P1A								
		45.00	9.00	405.00	0.80	6.36	25.00	137	12.34
0+080	P1								
		80.00	9.00	720.00	0.80	6.63	25.00	135	21.53
0+000	P0								
Ramal 2									
0+312	P4								
		68.00	9.00	612.00	0.80	5.00	25.00	153	20.79
0+380	P5								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.40	25.00	148	23.61
0+460	P6								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.70	25.00	144	23.05
0+540	P7								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.99	25.00	141	22.54
0+620	P8								

		43.00	9.00	387.00	0.80	6.28	25.00	138	11.86
0+643	P8A								
		57.00	9.00	513.00	0.80	6.54	25.00	135	15.44
0+700	P9								
		80.00	9.00	720.00	0.80	6.74	25.00	134	21.37
0+780	P10								
		80.00	9.00	720.00	0.80	7.05	25.00	131	20.95
0+860	P11								
		80.00	9.00	720.00	0.80	7.42	25.00	128	20.47
0+940	P12								
		80.00	9.00	720.00	0.80	8.34	25.00	121	19.43
1+020	P13								
		80.00	9.00	720.00	0.80	8.99	25.00	117	18.78
1+100	P14								
		80.00	9.00	720.00	0.80	9.85	25.00	113	18.01
1+180	P15								
		80.00	9.00	720.00	0.80	10.72	25.00	108	17.32
1+260	P16								
		80.00	9.00	720.00	0.80	11.33	25.00	105	16.87
1+340	P17								
		80.00	9.00	720.00	0.80	11.68	25.00	104	16.63
1+420	P18								
		80.00	9.00	720.00	0.80	12.12	25.00	102	16.34
1+500	P19								
		80.00	9.00	720.00	0.80	12.55	25.00	100	16.07
1+580	P20								
		80.00	9.00	720.00	0.80	12.98	25.00	99	15.81
1+660	P21								
		80.00	9.00	720.00	0.80	13.41	25.00	97	15.55
1+740	P22								
		80.00	9.00	720.00	0.80	13.84	25.00	96	15.31

1+820	P23								
		80.00	9.00	720.00	0.80	14.28	25.00	94	15.08
1+900	P24								
		80.00	9.00	720.00	0.80	14.86	25.00	92	14.78
1+980	P25								
		80.00	9.00	720.00	0.80	15.45	25.00	91	14.49
2+060	P26								
		80.00	9.00	720.00	0.80	16.02	25.00	89	14.22
2+140	P27								
		80.00	9.00	720.00	0.80	16.59	25.00	87	13.97
2+220	P28								
		80.00	9.00	720.00	0.80	17.17	25.00	86	13.72
2+280	P29								
Tramo 2 Ramal Entrada Ciudad Jardín - Cebaucó									
Ramal 3									
3+945	P34								
		55.00	9.00	495.00	0.80	5.00	25.00	153	16.82
3+890	P34b								
		50.00	9.00	450.00	0.80	5.33	25.00	149	14.85
3+840	P33								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.56	25.00	146	23.31
3+760	P32								
		80.00	9.00	720.00	0.80	6.14	25.00	139	22.29
3+680	P31								
		80.00	9.00	720.00	0.80	6.55	25.00	135	21.65
3+600	P30								
Ramal 4									
3+945	P34								

		75.00	9.00	675.00	0.80	5.00	25.00	153	22.93
4+020	P35								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.45	25.00	147	23.52
4+100	P36								
		80.00	9.00	720.00	0.80	5.92	25.00	142	22.65
4+180	P37								
		80.00	9.00	720.00	0.80	6.75	25.00	134	21.37
4+260	P38								
		80.00	9.00	720.00	0.80	7.91	25.00	124	19.90
4+340	P39								
		80.00	9.00	720.00	0.80	8.95	25.00	118	18.83
4+420	P40								
		80.00	9.00	720.00	0.80	9.24	25.00	116	18.55
4+500	P41								
		80.00	9.00	720.00	0.80	9.48	25.00	115	18.34
4+580	P42								
		80.00	9.00	720.00	0.80	9.73	25.00	113	18.11
4+660	P43								
		80.00	9.00	720.00	0.80	10.06	25.00	111	17.84
4+740	P44								
		80.00	9.00	720.00	0.80	10.32	25.00	110	17.63
4+820	P45								
		80.00	9.00	720.00	0.80	10.58	25.00	109	17.43
4+900	P46								
		80.00	9.00	720.00	0.80	10.82	25.00	108	17.24
4+980	P47								
		80.00	9.00	720.00	0.80	11.15	25.00	106	17.00
5+060	P48								
		80.00	9.00	720.00	0.80	11.78	25.00	104	16.57
5+140	P49								
		80.00	9.00	720.00	0.80	12.41	25.00	101	16.16
5+220	P50								

		80.00	9.00	720.00	0.80	12.85	25.00	99	15.88
5+280	P51								

Nota Cálculo de caudales de diseño. Fuente Autores. .

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

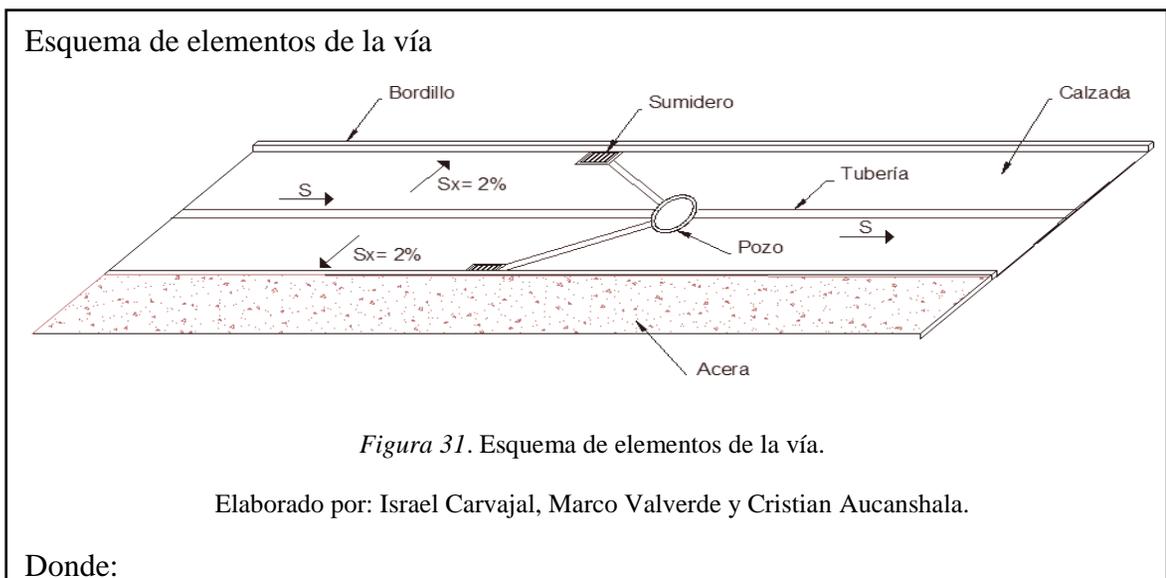
6.4 Diseño de obras de drenaje

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

- Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada;
- Controlar el nivel freático;
- Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera; y,
- Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

Las primeras tres 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.

A continuación se grafican los elementos que serán diseñados en este estudio (cunetas, sumideros y alcantarillado).



S= pendiente longitudinal

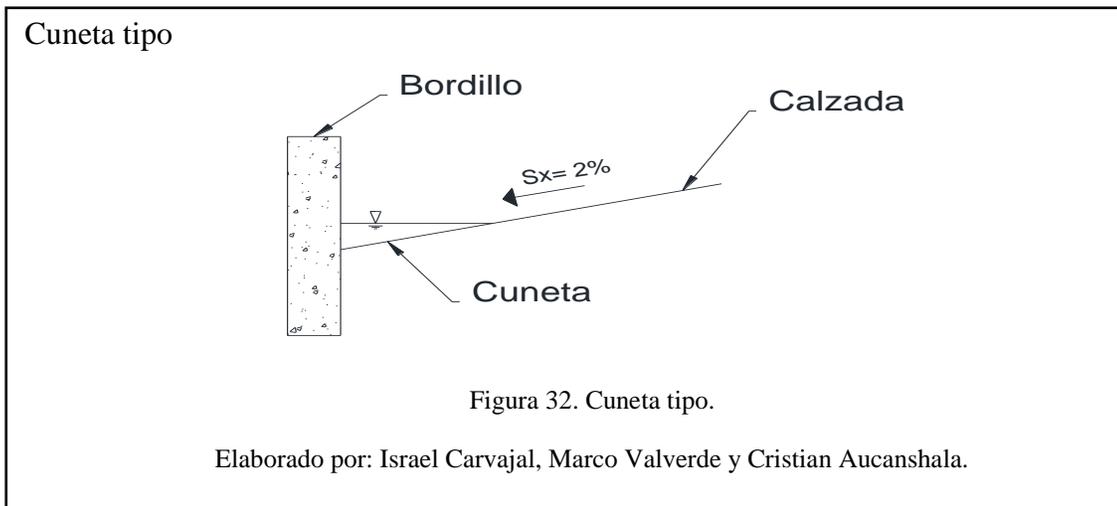
Sx= pendiente transversal

6.4.1 Diseño de 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 o a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera.

Por ser una vía angosta, la misma que tiene una sección de 6 metros de calzada, es imposible contemplar el uso de cunetas, ya que reducirían aún más su sección.

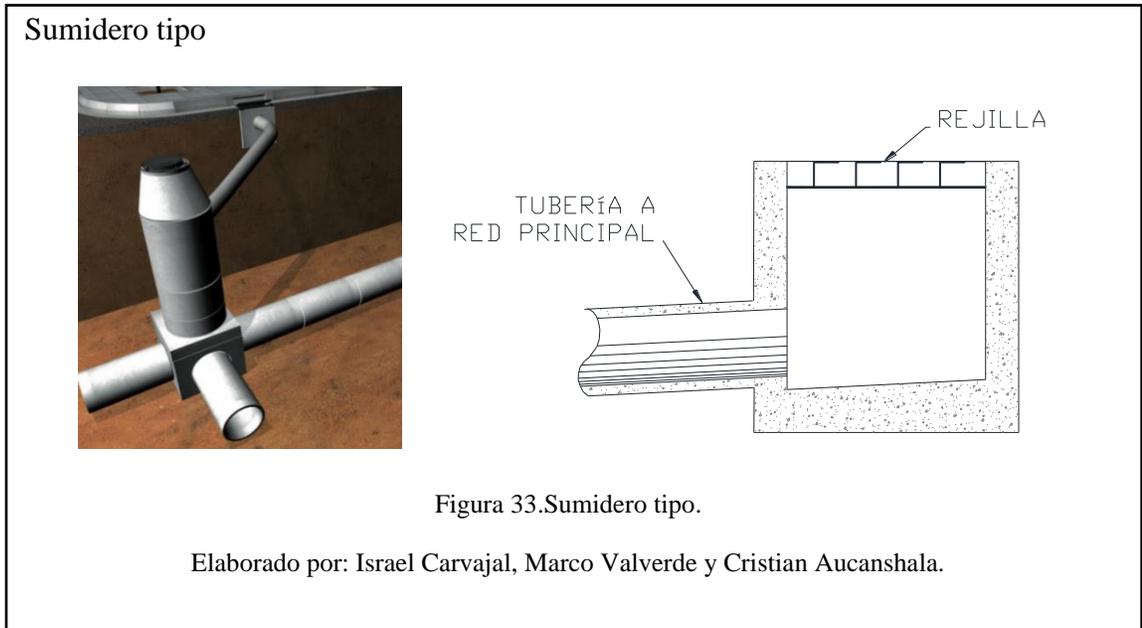
La pendiente transversal de la vía y el bordillo darán la configuración para recoger el agua y desalojarla en los puntos de desagüe.



6.4.2 Diseño de sumideros

Como definición general, los sumideros son estructuras diseñadas para la captación de aguas lluvias o escorrentía superficial, las cuales pueden estar localizadas en forma lateral o transversal en las vías, para conducirlas y entregarlas posteriormente a los sistemas de alcantarillado pluvial o combinado, ya sea a un pozo de inspección, a un cauce o canal abierto.

En las siguientes figuras se puede ver que una vez que el agua ingresa por el sumidero pasa a una cámara, y posterior a esto, mediante una tubería, el agua es transportada a la red principal del alcantarillado.



Cuando no se poseen sumideros en un alcantarillado pluvial, o se poseen unos deficientes o mal elaborados, se pueden ocasionar ciertos problemas debido a la acumulación de agua en las calles y entre los cuales se encuentran:

- La perturbación del tráfico vehicular o peatonal, interfiriendo así con el correcto desarrollo de las actividades ciudadanas.
- El aumento del riesgo de los vehículos a patinar, debido a que se crea una película de agua en la vía la cual reduce el factor de fricción que interactúa entre las llantas del vehículo y la superficie del pavimento.
- La reducción de la visibilidad del conductor debido al salpique y chapoteo.
- La dificultad en la maniobrabilidad de los vehículos cuando las llantas frontales de estos encuentran charcos.

6.4.2.1 Ubicación de los sumideros

Existen una serie de reglas y criterios para determinar la correcta ubicación de los sumideros, estos son:

- Ubicar los sumideros en puntos bajos y depresiones.

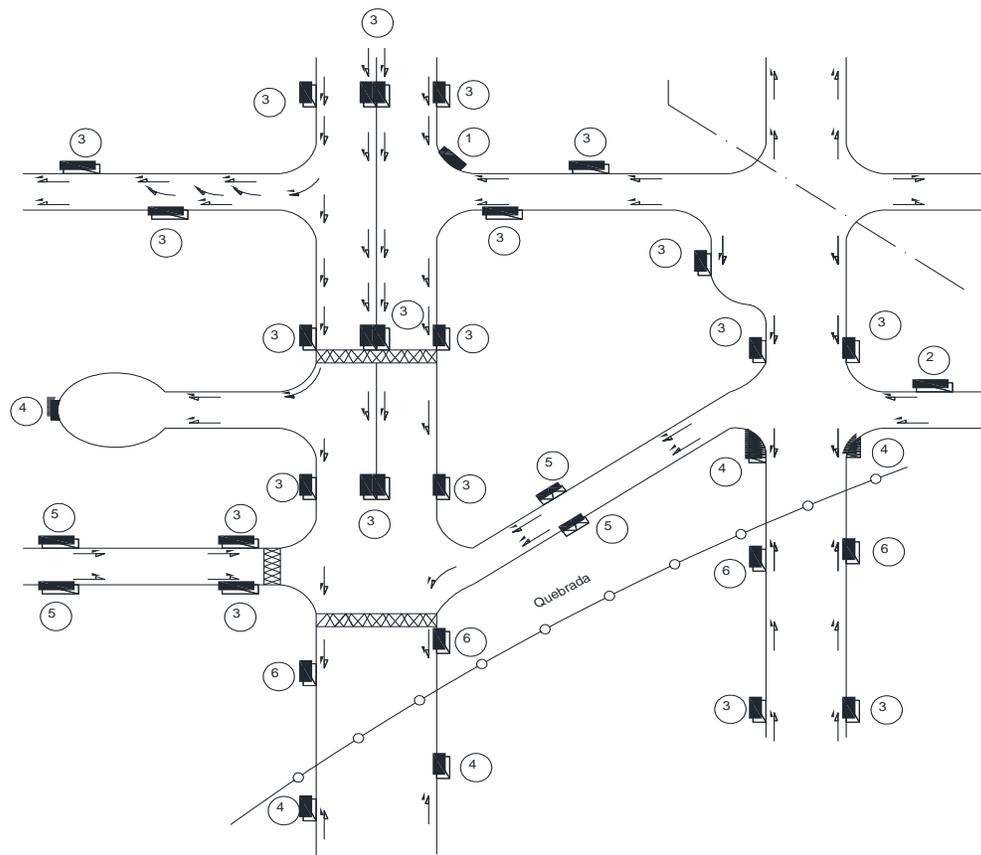
- Lugares donde se reduzca la pendiente longitudinal de las calles.
- Justo antes de puentes y terraplenes.
- Preferiblemente antes de cruces de calles o de pasos peatonales (cruce cebra).

También es necesario tener en cuenta un conjunto de recomendaciones que deben llevarse a la práctica durante la etapa de construcción:

- Analizar el diseño geométrico de cada calle, particularmente su sección transversal, de tal forma de decidir si se debe construir o no un sumidero en cada lado o solo en el lado bajo.
- En las intersecciones de calles y en especial cuando deba impedirse el flujo transversal, pueden crearse pequeñas depresiones para garantizar la completa captación del agua.
- No se deben colocar sumideros en lugares donde pueden interferir otros servicios como electricidad y teléfonos.

En la Figura 7. Se describe la ubicación correcta de los sumideros de acuerdo a la topografía y a la dirección de tráfico vehicular.

Ubicación de sumideros



- | | | | |
|--|--------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------|
| | PASO DE PEATONES | | 1 SUMIDERO REQUERIDO POR SOBRE PASO INDESEABLE |
| | DIRECCION DE FLUJO SUPERFICIAL | | 2 SUMIDERO REQUERIDO PARA EVITAR AREA DE INUNDACION EXCESIVA EN LA ESQUINA |
| | SUMIDERO | | 3 SUMIDERO REQUERIDO POR FALTA DE CAPACIDAD DE LA CALLE |
| | DIVISORIA DE AGUAS | | 4 SUMIDERO REQUERIDO POR PUNTO BAJO Y/O ACCESO A PUENTE |
| | | | 5 SUMIDERO ADICIONAL REQUERIDO POR FUNCION BASICA |
| | | | 6 SUMIDERO CON CAPACIDAD AUMENTADA POR FUNCION BASICA |

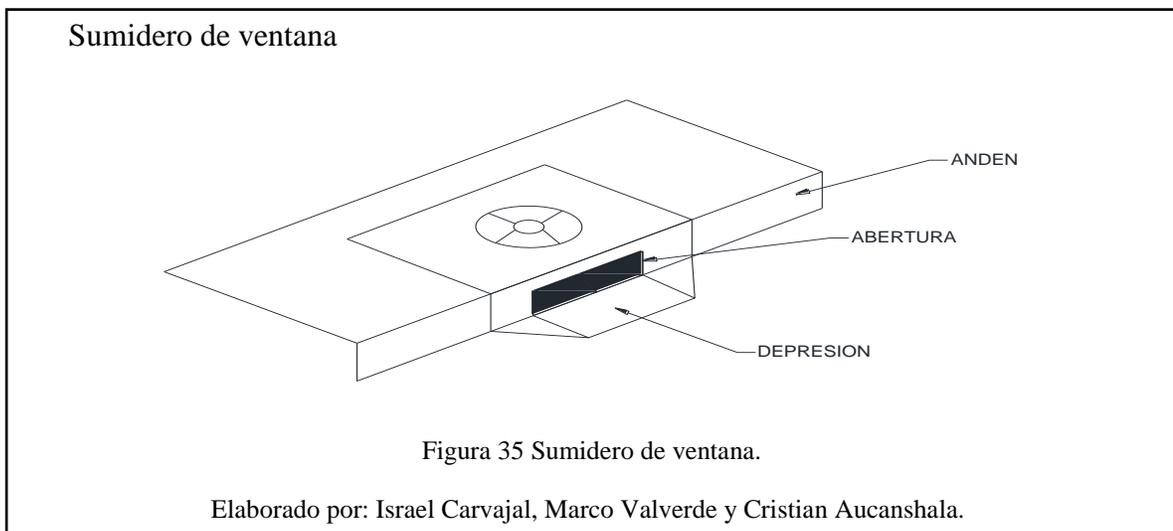
Figura 34. Ubicación de sumideros. Fuente: Reglamento Técnico de Diseño para Sistemas de Alcantarillado. Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

6.4.2.2 Tipos de sumideros

La selección del tipo de sumideros apropiado es importante, pues de dicha selección depende la capacidad de captación del caudal y en consecuencia el caudal que ingresa a los colectores.

- **Sumideros de ventanas**

Consiste en una abertura a manera de una ventana practicada en el bordillo o cordón de acera generalmente deprimida con respecto a la cuneta, como se indica en el siguiente esquema.



El sumidero posee además de ventana, tiene un canal lateral de desagüe, una pequeña cámara de recolección de sedimentos y una tubería de conexión al colector público.

La longitud de la cámara es normalmente de 1.50 metros con una depresión mínima de 2.5 cm.

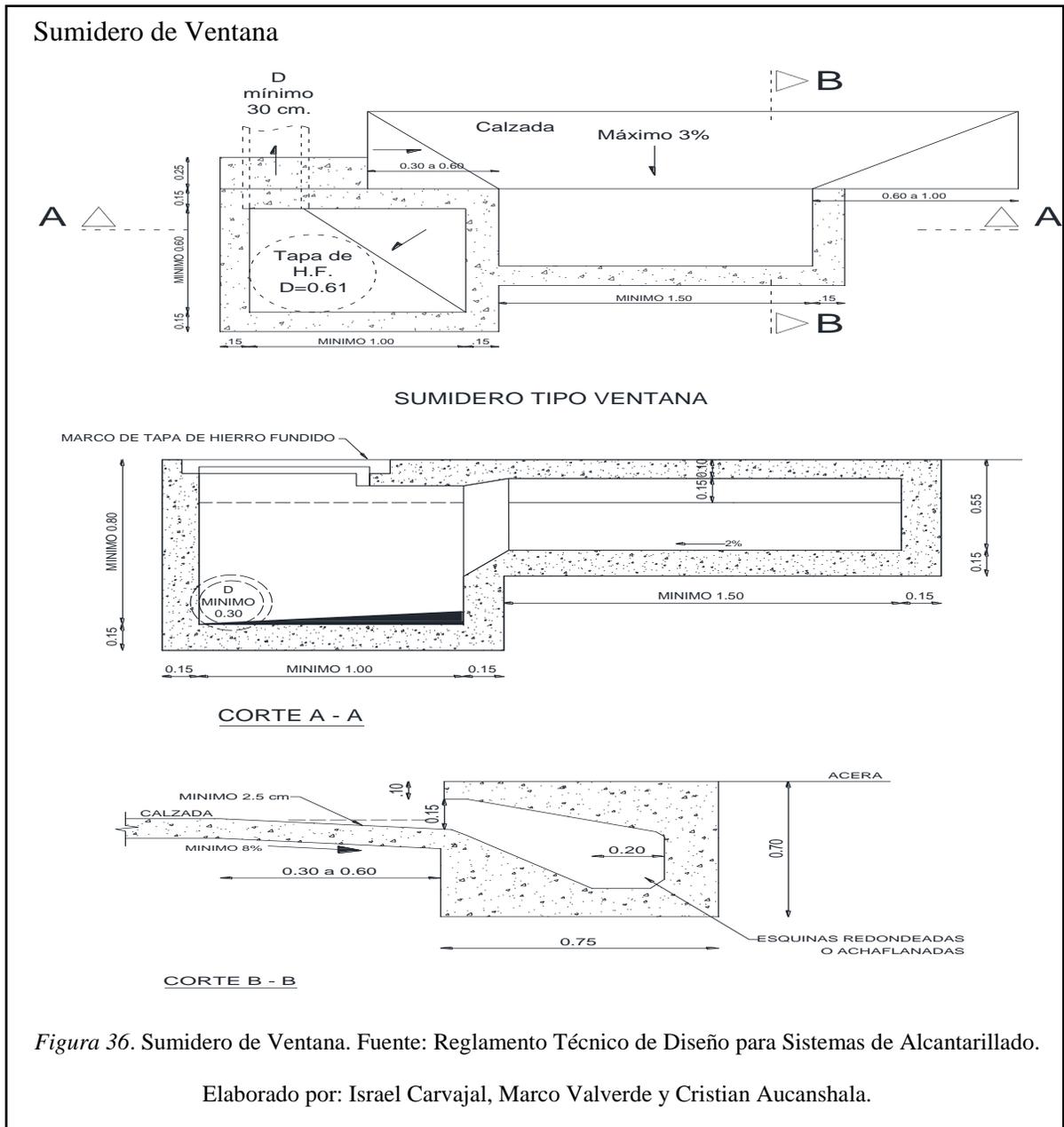
El funcionamiento hidráulico de este sumidero es ineficiente, en especial cuando no existe depresión o se encuentra ubicado en calles con pendiente pronunciada.

Su mayor ventaja radica en su poca interferencia con el tránsito de vehículos, al margen de esto son costosos y captan fácilmente sedimentos y desperdicios que perjudican su normal funcionamiento.

Son de utilidad las siguientes recomendaciones para decidir la utilización de este tipo de sumideros:

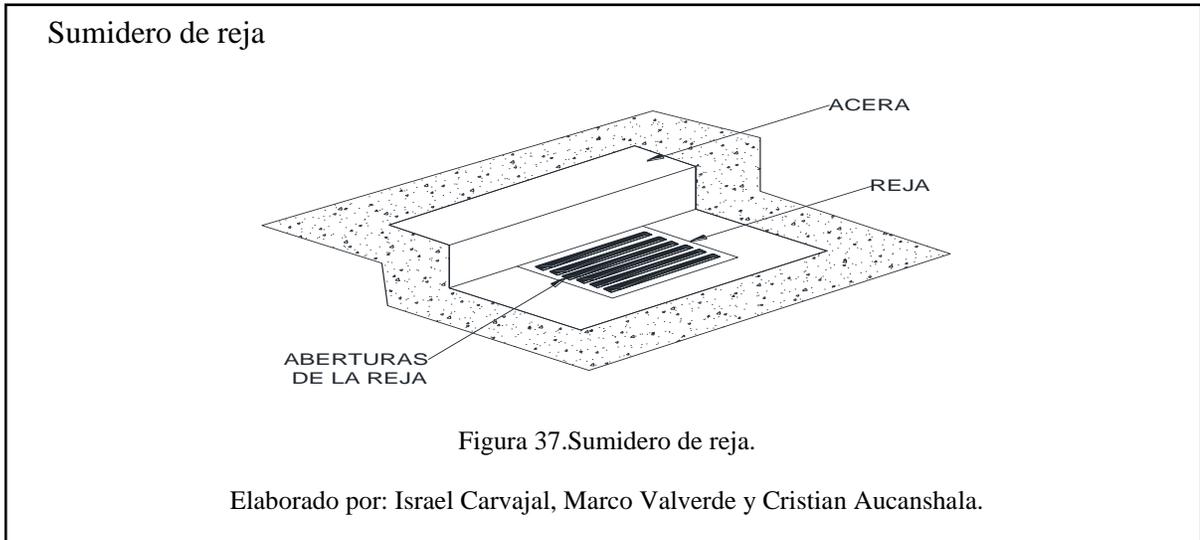
- Razones de tipo vial, en función a una prioridad de la vía.
- Es recomendable su uso en puntos bajos.
- No deben ser utilizados cuando existe la posibilidad de acarreo de sedimento y/o desperdicios.

A continuación se indica las características que debe tener un sumidero de ventana.



- **Sumideros de reja**

Los sumideros de reja consisten en una apertura de gran orificio donde ingresan las aguas lluvias, la cual se cubre con una reja para impedir la caída de vehículos, personas u otros objetos de cierto tamaño. Generalmente consta de la reja propiamente dicha, la cámara de desagüe y la tubería de conexión al colector.



Existen diferentes formas de barras siendo las más comunes las rectangulares (platinas) y las redondas.

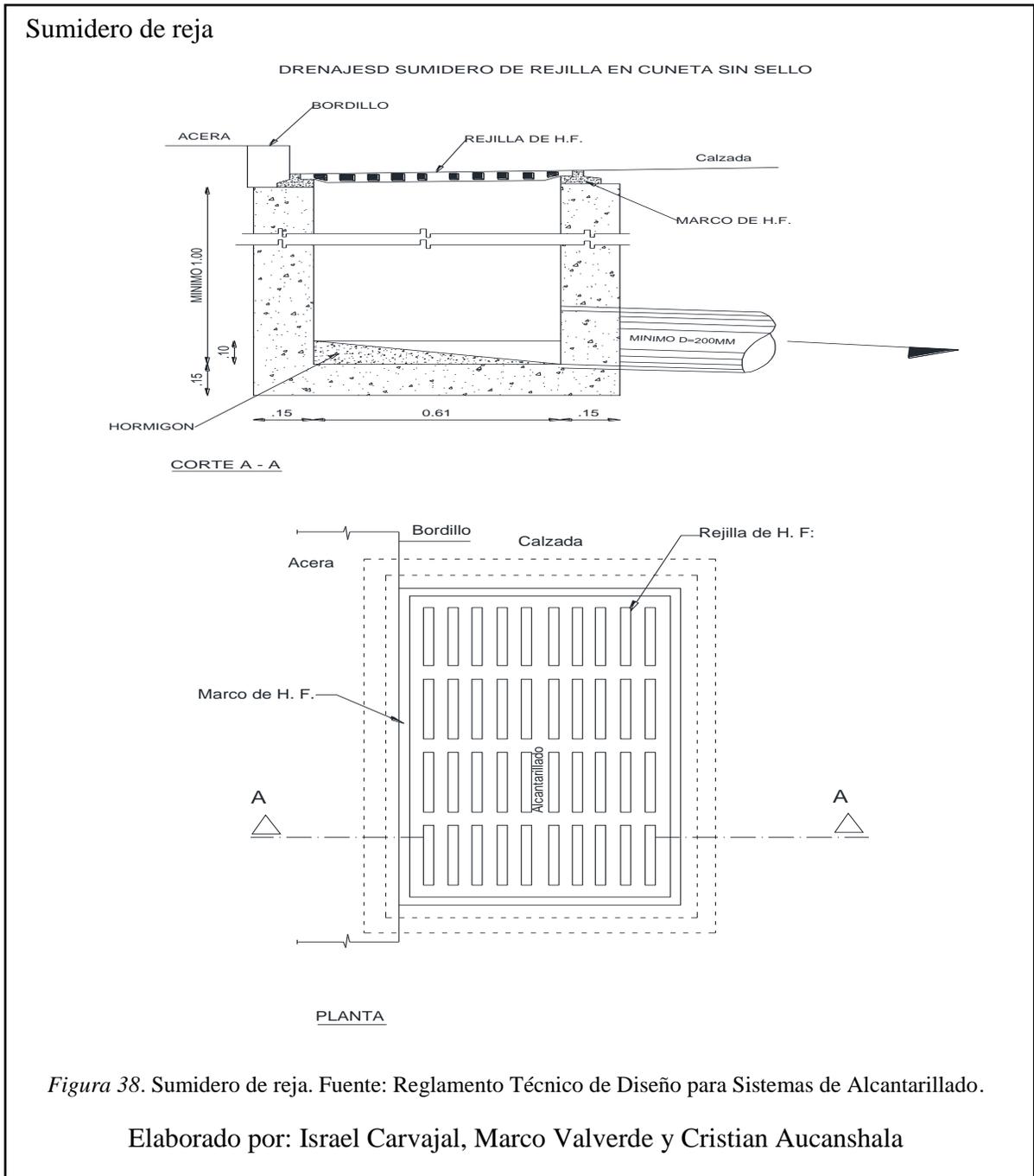
La mayor ventaja de este sumidero, es su capacidad hidráulica bastante superior al de ventana, en especial en pendientes pronunciadas.

Su mayor desventaja son los inconvenientes que causan al tránsito la facilidad de captación de desperdicios que taponan el área útil de la reja, además del ruido que se produce cuando pasa un vehículo sobre ella. El análisis de sus ventajas y desventajas, así como de sus propiedades hidráulicas, permiten efectuar las siguientes recomendaciones:

- Utilizarlas preferentemente en calles o avenidas de pendientes pronunciadas (de un 3% o más).
- Las rejas de barras dispuestas en forma diagonal (inclinadas), por su uso generalizado y apto para la circulación de bicicletas es utilizado preferentemente.

- No se deben utilizar sumideros deprimidos de rejillas cuando estos ocupan parte o la totalidad de la calzada.
- No se deben utilizar en puntos bajos, salvo cuando no se puede ubicar un sumidero tipo ventana.

A continuación se indica las características que debe tener un sumidero rejilla de calzada.



- **Sumidero mixto**

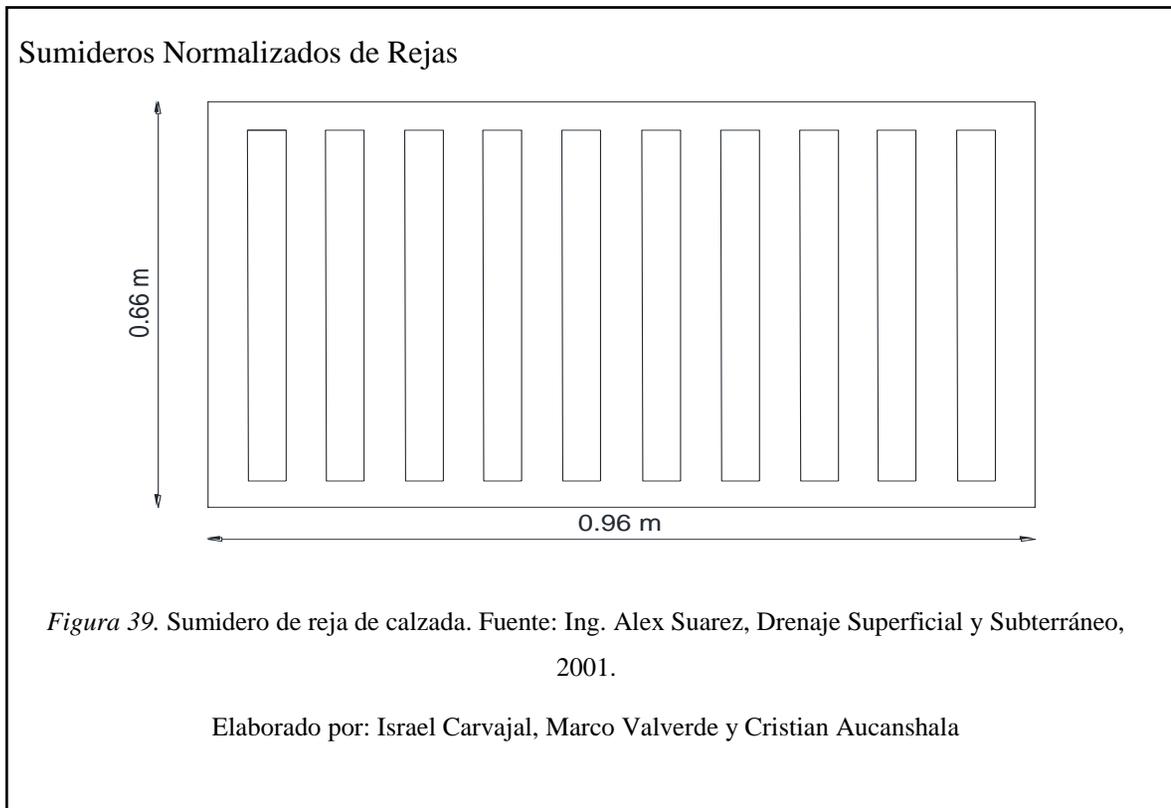
Es una combinación de las dos anteriores, tratando de tomar de cada uno de ellos lo más positivo, es decir, mejorando la eficiencia de un sumidero de ventana y reduciendo la ocupación de la calzada para el sumidero de rejillas.

Las recomendaciones prácticas para su utilización son las siguientes:

- Utilizados en lugares donde sería en principio, preferibles los sumideros de ventana, pero donde la eficiencia de captación de estos sea menor al 75%.
- Es recomendable suponer un área efectiva del 67%, del área neta total de la rejilla y la ventana.

6.4.2.3 Diseño

Se empleó Sumideros Normalizados de Rejillas Tipo , que tienen las dimensiones 66 cm x 96 cm de largo, cuentan con 10 ranuras, con un área neta de 0.27 m² que representan casi el 50% del área de la cámara.



Para calcular el caudal que intercepta este tipo de sumidero se empleó el método desarrollado por la EMAAP-Q:

$$Q = Cc * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * H)^2$$

Donde:

Q: Caudal interceptado por el sumidero (m³ / s).

Cc: Coeficiente para sumideros en cunetas sin depresión. Se puede emplear C=0,5.

K: Relación entre el área de orificios de la reja y su área total.

P: Porcentaje de obstrucción de la reja debido a basuras arrastradas por el escurrimiento pluvial en superficie. Se recomienda usar como mínimo P = 50.

L: Longitud del sumidero. (m)

B: Ancho del sumidero. (m)

g: Aceleración de la gravedad. (m/s²)

H: Profundidad de la cara superior de la reja respecto de la superficie de agua sobre la reja.

Para poder determinar la profundidad de la cara superior de la reja respecto a la superficie de agua sobre la reja se empleó la siguiente ecuación desarrollada por Izzard:

$$Q = 0.375 * Y_A^{8/3} * \left(\frac{z}{n}\right) * J^{1/2}$$

Donde:

Q: caudal de captación del sumidero.

YA: calado o lámina de agua entre la calzada y el bordillo.

z: inverso de la pendiente transversal.

n: rugosidad de Manning.

El análisis del número de sumideros que se necesita en cada tramo, no mayor a 80 metros, para evacuar el agua lluvia que escurre de la calzada, se observa en la Tabla 5.

Tabla 78

Cálculo del número de sumideros de reja de calzada.

Descripción. Del tramo		Diseño de sumideros - EMAAPQ 2009														#
Abcisas	Cotas	Q / lado	Cc	k	p	L	B	g	Sx	K	z	J	H	Lnecesaria	Ln/L	Sumideros
		m ³ /s			%	m	m	m/s ²	%			m/m	m	m		c/lado
Tramo 1 Ramal San Martín - Músculos Y Rieles																
Ramal 1																
0+312	3165.73															
		0.008	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.023	0.14	0.15	1
0+260	3164.94															
		0.009	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.023	0.16	0.17	1
0+200	3163.74															
		0.011	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.025	0.20	0.20	1
0+125	3162.24															
		0.007	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.03	0.020	0.13	0.14	1
0+080	3161.01															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.07	0.021	0.23	0.24	1
0+000	3155.47															
Ramal 2																
0+312	3165.73															
		0.010	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.03	0.023	0.19	0.20	1
0+380	3163.79															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.23	0.24	1
0+460	3157.76															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.24	0.25	1
0+540	3151.45															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.24	0.25	1
0+620	3145.13															
		0.007	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.04	0.018	0.13	0.14	1
0+643	3143.31															
		0.009	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.018	0.18	0.19	1
0+700	3138.82															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.07	0.021	0.23	0.24	1
0+780	3133.07															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.04	0.023	0.22	0.23	1
0+860	3129.81															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.029	0.20	0.20	1

0+940	3128.96															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.034	0.18	0.19	1
1+020	3128.56															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.034	0.18	0.19	1
1+100	3128.16															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.033	0.18	0.19	1
1+180	3127.7															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.027	0.21	0.21	1
1+260	3126.23															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.03	0.025	0.21	0.22	1
1+340	3124.18															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.025	0.21	0.22	1
1+420	3122.25															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.026	0.21	0.22	1
1+500	3120.69															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.026	0.21	0.21	1
1+580	3119.18															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.026	0.21	0.21	1
1+660	3117.68															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.026	0.21	0.21	1
1+740	3116.18															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.027	0.21	0.21	1
1+820	3114.74															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.029	0.20	0.21	1
1+900	3113.8															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.030	0.19	0.20	1
1+980	3113.02															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.030	0.19	0.20	1
2+060	3112.22															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.030	0.19	0.20	1
2+140	3111.44															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.030	0.19	0.20	1
2+220	3110.67															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.031	0.19	0.20	1
2+280	3110.03															
Tramo 2 Ramal Entrada Ciudad Jardín - Cebauro																
Ramal 3																
3+945	3143.96															
		0.008	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.022	0.15	0.16	1
3+890	3142.78															
		0.008	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.04	0.019	0.15	0.16	1
3+840	3140.56															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.027	0.20	0.21	1
3+760	3139.31															

		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.04	0.023	0.22	0.23	1
3+680	3136.39															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.07	0.020	0.23	0.24	1
3+600	3130.50															
Ramal 4																
3+945	3143.96															
		0.011	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.024	0.20	0.21	1
4+020	3142.09															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.03	0.025	0.21	0.22	1
4+100	3139.93															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.031	0.19	0.20	1
4+180	3139.34															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.034	0.18	0.19	1
4+260	3138.94															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.033	0.19	0.19	1
4+340	3138.46															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.06	0.021	0.23	0.24	1
4+420	3133.58															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.11	0.019	0.24	0.25	1
4+500	3125.05															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.07	0.020	0.23	0.24	1
4+580	3119.13															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.05	0.022	0.23	0.24	1
4+660	3115.01															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.24	0.25	1
4+740	3108.73															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.24	0.25	1
4+820	3101.95															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.08	0.020	0.24	0.25	1
4+900	3095.22															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.05	0.022	0.23	0.24	1
4+980	3090.94															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.029	0.20	0.21	1
5+060	3089.98															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.01	0.031	0.19	0.20	1
5+140	3089.31															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.02	0.025	0.21	0.22	1
5+220	3087.42															
		0.012	0.5	0.5	50	0.96	0.66	9.81	2	0.2	50	0.03	0.025	0.21	0.22	1
5+280	3085.26															

Nota. Analisis de sumideros para la vía. Fuente: Autores.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Luego del cálculo anterior, se determinó que es suficiente colocar un solo sumidero Normalizado de Reja a cada lado de la calzada para cada tramo.

6.4.3 Diseño de alcantarillado pluvial

Una red de alcantarillado pluvial es un sistema de tuberías, sumideros e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o escurrimiento superficial. Su importancia se manifiesta especialmente en zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables.

En este trabajo se pretendió cubrir los principales aspectos relacionados con el alcantarillado pluvial. Por tal motivo, se han incluido principios básicos de Hidráulica y de Hidrología.

Para el diseño del alcantarillado pluvial, motivo de este estudio, se empleó las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q del 2009.

Se colocarán pozos a una distancia no mayor a 80 metros el uno del otro, como indican la normativa.

Para el diseño de las tuberías que servirán para conducir el agua que se desea drenar, es necesario calcular, entre otros factores, el caudal que ingresará primero a los sumideros y luego a los canales de conducción. El caudal será el que cae y se escurre por la calzada de la vía.

Para el cálculo del diámetro de la tubería de conducción se considerará, como un pre diseño, que la misma trabaja a sección llena. Luego se asumirá un diámetro de tubería comercial, mayor al calculado anteriormente, y se comprobará que la misma trabaja a flujo libre y cumpla con todos los requisitos de diseño; para esto se usará las fórmulas desarrolladas por Manning.

$$Q = A * R_h^{\frac{2}{3}} * \frac{1}{n} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$P = \pi * D$$

$$R_h = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q= caudal en m³/s

A= área en m²

P= perímetro mojado en m

Rh= radio hidráulico

n= Coeficiente de Manning, la tubería será de PVC.

J= Pendiente longitudinal de la vía en m/m

Tabla 79.

Coeficientes de rugosidad “n”.

Material de Revestimiento	Coeficiente “n”
Tuberías de PVC/PEAD/PRFV	0.011
Tubería de hormigón (con buen acabado)	0.013
Tubería de hormigón con acabado regular	0.014
Mampostería de piedra juntas con mortero de cemento	0.020

Nota. Coeficientes de rugosidad. Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Una vez obtenido el diámetro de la tubería necesaria para el caudal calculado, se adoptará un diámetro comercial, para el cual se hará el análisis de una tubería con superficie libre; se verificará la velocidad máxima y mínima admisible.

En casos de conductos cerrados deberá cumplirse que: la relación del caudal de diseño con la de sección llena (Q/Qo) será de 0.90 máximo; y la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70% y 85% del diámetro real de éste.

6.4.3.1 Material de la tubería

Se emplearán tuberías de PVC, ya que tiene varias ventajas con relación a otras tuberías de hormigón, mampostería de piedra, etc. Entre las ventajas de las tuberías de PVC, se tienen:

- Fácil instalación.

- Resistencia química.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia al fuego.
- Resistencia a la corrosión interior y externa.
- Libre de toxicidad, olores y sabores.
- La pérdida de carga por fricción es baja.
- Costo de instalación bajo.
- Libre de mantenimiento, etc.

6.4.3.2 Diámetro interno mínimo

El diámetro mínimo en alcantarillados pluviales será de 400 mm; esto evitará obstrucciones en el colector ocasionado por agentes externos adicionales al caudal de escorrentía transportado (basuras y otros). Para tramos iniciales en sistemas de drenaje no muy complejos, podrán aceptarse diámetros de 300 mm.

6.4.3.3 Velocidad mínima

La velocidad mínima permisible es de 0.60 m/seg considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente a tubería parcialmente llena. Esta restricción tiene como objetivo evitar el depósito de sedimentos y taponamientos en la tubería.

6.4.3.4 Velocidad máxima

La velocidad máxima permisible, para evitar erosión en las tuberías, está en función del tipo de material que se utilice, y de la cantidad y características de las partículas sólidas arrastradas y suspendidas en el escurrimiento.

En la siguiente tabla se indica las máximas velocidades admisibles por cada tipo de material de la tubería, considerando los posibles efectos de erosión provocadas por arenas y otros materiales acarreados por el escurrimiento.

Tabla 80.
Velocidades máximas permisibles

Material de la Tubería	Velocidad máxima (m/seg)
Tubería de Hormigón simple hasta 60 cm de diámetro	4.5
Tubería de Hormigón armado hasta 60 cm de diámetro o mayores	6.0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ²	6.0 – 6.5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² . Grandes conducciones	7.0 – 7.5
PEAD, PVC, PRFV	7.5

Nota. Velocidades máximas permisibles Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala

6.4.3.5 Pendiente mínima

La pendiente de cada tramo de tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero se deberá proyectar con una pendiente mínima del 0,5% (punto cinco por mil) para tuberías de Ø40 cm (16”) en la red de drenaje cuando las condiciones topográficas y las conexiones que se hicieran lo permitan, esto con el objeto de garantizar que el régimen hidráulico que se forme no ocasione sedimentos que reduzcan la capacidad del conducto y requiera un mantenimiento más continuo.

6.4.3.6 Pendiente máxima

Las pendientes máximas serán aquellas que permitan verificar que no se supere en el tramo en estudio y en las condiciones de diseño, la velocidad máxima permisible.

6.4.3.7 Profundidad hidráulica máxima

Para permitir aireación adecuada del flujo de aguas pluviales en conductos cerrados, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70% y 85% del diámetro o altura real de éste.

6.4.3.8 Profundidad mínima de la parte superior de la tubería

Los sistemas de alcantarillado pluvial deben estar a la profundidad necesaria para permitir el drenaje por gravedad de las aguas lluvias de su área tributaria. La profundidad del alcantarillado con respecto a la parte superior de la tubería, no será menor de 1.50 metros en zonas vehiculares.

6.4.3.9 Profundidad máxima a la cota clave

En general la máxima profundidad de los conductos es del orden de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales durante y después de su instalación.

En la Tabla 81. Se describe el diseño de la red de alcantarillado para los dos tramos considerados en este estudio:

Tabla 81.
Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial

DESCR. DEL TRAMO				CAUDAL PLUVIAL							CAUDAL	DISEÑO DE COLECTOR															COTAS				PROFUNDIDAD		Desnivel	TIPO				
Via de borde al Camino del Inca	POZO	L	Ancho	AT	C	Tc	Tr	I	Qp (q1)	DISEÑO	D	D	J	TUBERIA LLENA				TIEMPO	Area			v	v	v	RASANTE		COLECTOR		AGUAS		SALTO	Delta	DE					
		m	m	A (m²)		min	años	mm/hr	lt/s	(q1 + q2)	(calculado)	adoptado		A(sec.)	P	Rh	V	Q	DE	Y/D	Y	TETA	Mojada	mojado.	Hdra	Qdis/Q	vV	diseño	mínima	máxima	AGUAS	AGUAS	ARRIBA	ABAJO	Z (m)	TUBERIA		
										lt/s	lt/s	m	m	%	m²	m	m	m/seg	lt/s	FLUJO	m		m²	m	m			(m/s)	(m/s)	(m/s)	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	(m)	(m)	(m)	
TRAMO 1 RAMAL SAN MARTIN - MUSCULOS Y RIELES																																						
RAMAL 1																																						
0+312	P4	52.00	9.00	468.00	0.80	5.00	25.00	153	15.90	15.9	0.13	0.30	2.00	0.07	0.94	0.0750	2.29	162	0.38	0.21	0.06	1.90	0.01	0.3	0.04	0.10	0.6	1.45	1.4	7.5	3165.73	3164.94	3164.23	3163.19	1.50	1.75	1.04	PVC
0+260	P3	60.00	9.00	540.00	0.80	5.38	25.00	148	17.74	33.6	0.17	0.30	2.00	0.07	0.94	0.0750	2.29	162	0.44	0.30	0.09	2.32	0.02	0.3	0.05	0.21	0.8	1.77	1.8	7.5	3164.94	3163.74	3163.19	3161.99	1.75	1.75	1.20	PVC
0+200	P2	75.00	9.00	675.00	0.80	5.82	25.00	143	21.41	55.1	0.20	0.30	2.00	0.07	0.94	0.0750	2.29	162	0.55	0.40	0.12	2.74	0.03	0.4	0.06	0.34	0.9	2.06	2.1	7.5	3163.74	3162.24	3161.99	3160.49	1.75	1.75	1.50	PVC
0+125	P1A	45.00	9.00	405.00	0.80	6.36	25.00	137	12.34	67.4	0.20	0.30	3.00	0.07	0.94	0.0750	2.80	198	0.27	0.40	0.12	2.74	0.03	0.4	0.06	0.34	0.9	2.53	2.5	7.5	3162.24	3161.01	3160.49	3159.14	1.75	1.87	1.35	PVC
0+080	P1	80.00	9.00	720.00	0.80	6.63	25.00	135	21.53	88.9	0.19	0.30	7.00	0.07	0.94	0.0750	4.28	302	0.31	0.37	0.11	2.62	0.02	0.4	0.06	0.29	0.9	3.71	3.7	7.5	3161.01	3155.47	3159.14	3153.54	1.87	1.93	5.60	PVC
0+000	P0																																					

DESCR. DEL TRAMO		CAUDAL PLUVIAL								CAUDAL		DISEÑO DE COLECTOR														COTAS				PROFUNDIDAD		Desnivel	TIPO					
Vía de borde al Camino del Inca	POZO	L	Ancho	AT	C	Tc	Tr	I	Qp (q1)	DISEÑO		D	D	J	TUBERIA LLENA		TIEMPO					v		v		RASANTE		COLECTOR		AGUAS		SALTO	Delta	TIPO				
		m	m	A (m²)		min	años	mm/hr	lt/s	(q1 + q2)	(calculado)	adoptado	%	A(sec.)	P	Rh	V	Q	DE	Y/D	Y	TETA	Area	Perimetro	Radio	Qdis/Q	vV	diseño	minima	máxima	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	(m)	(m)	(m)	Z (m)
TRAMO 1 RAMAL SAN MARTIN - MUSCULOS Y RIELES																																						
RAMAL 2																																						
0+312	P4	68.00	9.00	612.00	0.80	5.00	25.00	153	20.79	20.8	0.13	0.30	3.00	0.07	0.94	0.0750	2.80	198	0.40	0.21	0.06	1.90	0.01	0.3	0.04	0.11	0.6	1.77	1.8	7.5	3165.73	3163.79	3164.23	3162.19	1.50	1.60	2.04	PVC
0+380	P5	80.00	9.00	720.00	0.80	5.40	25.00	148	23.61	44.4	0.14	0.30	8.00	0.07	0.94	0.0750	4.57	323	0.29	0.25	0.08	2.09	0.01	0.3	0.04	0.14	0.7	3.20	3.2	7.5	3163.79	3157.76	3162.19	3155.79	1.60	1.97	6.40	PVC
0+460	P6	80.00	9.00	720.00	0.80	5.70	25.00	144	23.05	67.4	0.17	0.30	8.00	0.07	0.94	0.0750	4.57	323	0.29	0.31	0.09	2.36	0.02	0.4	0.05	0.21	0.8	3.61	3.6	7.5	3157.76	3151.45	3155.79	3149.39	1.97	2.06	6.40	PVC
0+540	P7	80.00	9.00	720.00	0.80	5.99	25.00	141	22.54	90.0	0.19	0.30	8.00	0.07	0.94	0.0750	4.57	323	0.29	0.36	0.11	2.57	0.02	0.4	0.06	0.28	0.9	3.91	3.9	7.5	3151.45	3145.13	3149.39	3142.99	2.06	2.14	6.40	PVC
0+620	P8	43.00	9.00	387.00	0.80	6.28	25.00	138	11.86	101.8	0.23	0.30	3.00	0.07	0.94	0.0750	2.80	198	0.26	0.50	0.15	3.14	0.04	0.5	0.08	0.51	1.0	2.80	2.8	7.5	3145.13	3143.31	3142.99	3141.70	2.14	1.61	1.29	PVC
0+643	P8A	57.00	9.00	513.00	0.80	6.54	25.00	135	15.44	117.3	0.21	0.30	8.00	0.07	0.94	0.0750	4.57	323	0.21	0.41	0.12	2.78	0.03	0.4	0.07	0.36	0.9	4.18	4.2	7.5	3143.31	3138.82	3141.70	3137.14	1.61	1.68	4.56	PVC
0+700	P9	80.00	9.00	720.00	0.80	6.74	25.00	134	21.37	138.7	0.22	0.30	7.00	0.07	0.94	0.0750	4.28	302	0.31	0.47	0.14	3.02	0.03	0.5	0.07	0.46	1.0	4.16	4.2	7.5	3138.82	3133.07	3137.14	3131.54	1.68	1.53	5.60	PVC
0+780	P10	80.00	9.00	720.00	0.80	7.05	25.00	131	20.95	159.6	0.25	0.30	5.00	0.07	0.94	0.0750	3.62	256	0.37	0.57	0.17	3.42	0.04	0.5	0.08	0.62	1.1	3.81	3.8	7.5	3133.07	3129.81	3131.54	3127.54	1.53	2.27	4.00	PVC
0+860	P11	80.00	9.00	720.00	0.80	7.42	25.00	128	20.47	180.1	0.41	0.43	0.50	0.15	1.35	0.1075	1.45	211	0.92	0.71	0.31	4.01	0.11	0.9	0.13	0.85	1.1	1.63	1.6	7.5	3129.81	3128.96	3127.54	3127.14	2.27	1.82	0.40	PVC
0+940	P12	80.00	9.00	720.00	0.80	8.34	25.00	121	19.43	199.5	0.37	0.43	1.00	0.15	1.35	0.1075	2.06	298	0.65	0.59	0.25	3.50	0.09	0.8	0.12	0.67	1.1	2.19	2.2	7.5	3128.96	3128.56	3127.14	3126.34	1.82	2.22	0.80	PVC
1+020	P13	80.00	9.00	720.00	0.80	8.99	25.00	117	18.78	218.3	0.44	0.47	0.50	0.17	1.48	0.1175	1.54	268	0.86	0.68	0.32	3.88	0.13	0.9	0.14	0.82	1.1	1.72	1.7	7.5	3128.56	3128.16	3126.34	3125.94	2.22	2.22	0.40	PVC
1+100	P14	80.00	9.00	720.00	0.80	9.85	25.00	113	18.01	236.3	0.45	0.47	0.50	0.17	1.48	0.1175	1.54	268	0.86	0.73	0.34	4.10	0.14	1.0	0.14	0.88	1.1	1.74	1.7	7.5	3128.16	3127.70	3125.94	3125.54	2.22	2.16	0.40	PVC
1+180	P15	80.00	9.00	720.00	0.80	10.72	25.00	108	17.32	253.6	0.40	0.47	1.00	0.17	1.48	0.1175	2.18	378	0.61	0.59	0.28	3.50	0.11	0.8	0.13	0.67	1.1	2.33	2.3	7.5	3127.70	3126.23	3125.54	3124.74	2.16	1.49	0.80	PVC
1+260	P16	80.00	9.00	720.00	0.80	11.33	25.00	105	16.87	270.5	0.34	0.47	3.00	0.17	1.48	0.1175	3.78	655	0.35	0.44	0.21	2.90	0.07	0.7	0.11	0.41	0.9	3.57	3.6	7.5	3126.23	3124.18	3124.74	3122.34	1.49	1.84	2.40	PVC
1+340	P17	80.00	9.00	720.00	0.80	11.68	25.00	104	16.63	287.1	0.37	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.52	0.24	3.22	0.09	0.8	0.12	0.54	1.0	3.14	3.1	7.5	3124.18	3122.25	3122.34	3120.74	1.84	1.51	1.60	PVC
1+420	P18	80.00	9.00	720.00	0.80	12.12	25.00	102	16.34	303.5	0.38	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.53	0.25	3.26	0.09	0.8	0.12	0.57	1.0	3.16	3.2	7.5	3122.25	3120.69	3120.74	3119.14	1.51	1.55	1.60	PVC
1+500	P19	80.00	9.00	720.00	0.80	12.55	25.00	100	16.07	319.5	0.39	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.55	0.26	3.34	0.10	0.8	0.12	0.60	1.0	3.21	3.2	7.5	3120.69	3119.18	3119.14	3117.54	1.55	1.64	1.60	PVC
1+580	P20	80.00	9.00	720.00	0.80	12.98	25.00	99	15.81	335.4	0.39	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.57	0.27	3.42	0.10	0.8	0.13	0.63	1.1	3.25	3.2	7.5	3119.18	3117.68	3117.54	3115.94	1.64	1.74	1.60	PVC
1+660	P21	80.00	9.00	720.00	0.80	13.41	25.00	97	15.55	350.9	0.40	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.59	0.28	3.50	0.11	0.8	0.13	0.66	1.1	3.29	3.3	7.5	3117.68	3116.18	3115.94	3114.34	1.74	1.84	1.60	PVC
1+740	P22	80.00	9.00	720.00	0.80	13.84	25.00	96	15.31	366.2	0.41	0.47	2.00	0.17	1.48	0.1175	3.08	535	0.43	0.60	0.28	3.54	0.11	0.8	0.13	0.68	1.1	3.31	3.3	7.5	3116.18	3114.74	3114.34	3112.74	1.84	2.00	1.60	PVC
1+820	P23	80.00	9.00	720.00	0.80	14.28	25.00	94	15.08	381.3	0.47	0.50	1.00	0.20	1.57	0.1250	2.27	446	0.59	0.71	0.36	4.01	0.15	1.0	0.15	0.85	1.1	2.55	2.6	7.5	3114.74	3113.80	3112.74	3111.94	2.00	1.86	0.80	PVC
1+900	P24	80.00	9.00	720.00	0.80	14.86	25.00	92	14.78	396.1	0.48	0.50	1.00	0.20	1.57	0.1250	2.27	446	0.59	0.73	0.37	4.10	0.15	1.0	0.15	0.89	1.1	2.57	2.6	7.5	3113.80	3113.02	3111.94	3111.14	1.86	1.88	0.80	PVC
1+980	P25	80.00	9.00	720.00	0.80	15.45	25.00	91	14.49	410.6	0.48	0.52	1.00	0.21	1.63	0.1300	2.33	495	0.57	0.69	0.36	3.92	0.16	1.0	0.15	0.83	1.1	2.60	2.6	7.5	3113.02	3112.22	3111.14	3110.34	1.88	1.88	0.80	PVC
2+060	P26	80.00	9.00	720.00	0.80	16.02	25.00	89	14.22	424.8	0.49	0.52	1.00	0.21	1.63	0.1300	2.33	495	0.57	0.71	0.37	4.01	0.16	1.0	0.15	0.86	1.1	2.62	2.6	7.5	3112.22	3111.44	3110.34	3109.54	1.88	1.90	0.80	PVC
2+140	P27	80.00	9.00	720.00	0.80	16.59	25.00	87	13.97	438.8	0.50	0.52	1.00	0.21	1.63	0.1300	2.33	495	0.57	0.73	0.38	4.10	0.17	1.1	0.16	0.89	1.1	2.63	2.6	7.5	3111.44	3110.67	3109.54	3108.74	1.90	1.93	0.80	PVC
2+220	P28	80.00	9.00	720.00	0.80	17.17	25.00	86	13.72	452.5	0.50	0.52	1.00	0.21	1.63	0.1300	2.33	495	0.57	0.75	0.39	4.19	0.17	1.1	0.16	0.91	1.1	2.64	2.6	7.5	3110.67	3110.03	3108.74	3107.94	1.93	2.09	0.80	PVC
2+280	P29																																					

Nota. Diseño de red de alcantarillado pluvia. Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala

CAPÍTULO 7

7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Resumen Ejecutivo.

El presente Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), desarrollado por los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana forma parte de la tesis de grado para obtener la titulación como Ingenieros Civiles, el mismo que se basa en el diseño de la **Vía de Borde al Camino de los Incas**. Este análisis ha sido elaborado tomando en cuenta los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente, particularmente en función al Reglamento de Prevención y Control Ambiental y el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), el mismo que está encargado de proteger el camino de los Incas que se encuentra ubicado junto al proyecto a desarrollarse; para el cual existe un proyecto de recuperación y rehabilitación del mismo de tal manera que pueda servir a la colectividad como una Ciclo vía.

Para la evaluación de Impacto Ambiental se partió del concepto de diseño del proyecto, el cual contempla la construcción de una vía de dos carriles la misma que inicia en el sector de San Martín y culmina en Cebauco en el sector del Parque Industrial. Durante la construcción se realizarán varias actividades: remoción de material vegetal, escarificación y conformación de la plataforma de la vía, desalojo de material desechable, y asfaltado o adoquinado de la vía. Para la operación del proyecto se han contemplado una variedad de actividades a realizarse para asegurar su propio mantenimiento y extensión de su vida útil.

Además de la descripción del proyecto, en el presente informe se presenta una descripción del medio biofísico y socioeconómico existente, para lo cual fue necesario definir una zona de influencia del proyecto, considerándose las siguientes áreas: derecho de vía de dos carriles que atraviesa los barrios de San Martín, Músculos y Rieles, El Troje, ingreso a Ciudad Jardín y Cebauco, caminos auxiliares para el ingreso y desalojo de materiales, área de los bancos de materiales y zona de Campamento la misma que se localizará en el sector de El Troje ya que es un punto estratégico para cubrir los dos tramos a ser construidos.

Con respecto a la calidad de suelo se podría decir que se tiene el mismo tipo en los dos tramos de la vía es decir un *Limo Arcilloso* tanto para el tramo comprendido entre San Martín y El Troje como para el comprendido entre el ingreso a Ciudad Jardín y Cebauco.

En lo que involucra al sistema Hidrográfico se tiene la ventaja de que no se cruza por ningún cuerpo de agua por lo que se descarta la afectación a este sistema.

En lo que respecta a la fauna, la mayor parte de la zona por donde atraviesa la vía se puede considerar que se ha adaptado a condiciones críticas de hábitat de especies nativas por causas de carácter humano, por lo que en el área del proyecto es un ecosistema fuertemente degradado, por lo que no presenta complejidad que ofrezca una variedad de recursos alimenticios o protección para la misma, en consecuencia la fauna típica a encontrarse está acostumbrada al alto contacto con humanos.

La flora en su mayoría ha sido devastada por causa de los asentamientos poblacionales en el sector, por lo que tampoco se considera un fuerte impacto a este sector ya que es su mayoría la vía atraviesa por caminos de tierra ya consolidados en el caso del primer tramo y terrenos agrícolas en el segundo tramo.

El medio socioeconómico también fue analizado el cual no presenta mayores complicaciones puesto que existen vías aledañas como la Simón Bolívar la misma que se conecta con varias calles por donde atraviesa el proyecto las cuales sirven sin inconveniente para los moradores del sector tanto para transportarse como para sacar los productos de cultivo.

El Marco Legal bajo el cual debe de enmarcarse el proyecto también ha sido considerado en el presente estudio, haciéndose especial énfasis en la Ley General del Ambiente y su Reglamento, el Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, así como la modificación al Artículo 78 de la Ley del Ambiente, la cual está contenida en el Acuerdo Ministerial No.006, el cual establece una categorización de proyectos para ser sometidos a autorizaciones ambientales, el mismo que para nuestro caso corresponde a una Vía de Tercer Orden y de Categoría IV ya que

se encuentra junto a una zona considerada de protección arqueológica por parte del INPC; como lo es el CAMINO DE LOS INCAS. Otras leyes relacionadas como ser la de Municipalidades, Ley Forestal, Código de Salud y Ley del Ministerio Público también son incluidas.

Una vez identificados los diferentes aspectos a ser afectados, se procedió a la preparación de la evaluación de impacto ambiental, a través de la Matriz de Leopold de Impactos Ambientales; los resultados de esta evaluación indican que los principales impactos ambientales por la ejecución de la obra están relacionados con los movimientos de tierra para la construcción de la vía, asentamiento de campamentos y stock de materiales considerándose estos dos últimos como moderados. Los impactos sobre las otras variables ambientales también fueron analizados, sin embargo estos en su mayoría son considerados como No Significativos y manejables a través de la implementación de las medidas correctivas respectivas.

También se plantean las medidas de mitigación para cada uno de los impactos identificados a lo largo de los dos tramos a ser intervenidos con la ejecución del proyecto. Medidas relacionadas con la ejecución de buenas prácticas ambientales por parte del contratista como ser manejo de combustibles y lubricantes, instalación de campamentos y planta de asfalto y agregados también son incluidas, así como también para el control de polvo.

Las Medidas de Mitigación propuestas para cada uno de los impactos identificados, se encuentran resumidas en el Plan de Gestión Ambiental (PGA) del Proyecto.

Finalmente y como conclusión se puede asegurar que la ejecución de la construcción de la Vía de Borde al Camino de los Incas en sus dos tramos beneficiará en forma directa a los moradores del sector por donde esta atraviesa y a su vez contribuirá a la protección del Camino de los Incas, de tal manera que sean más los beneficios tanto a los pobladores del área de influencia directa del proyecto como para los que habitan en zona sur de la ciudad ya que a futuro este camino de los Incas será rehabilitado como área recreacional.

7.2 Ficha Técnica.

Tabla 82.

Ficha Técnica

Ficha técnica	
Nombre del proyecto	Estudio de Impacto Ambiental para el Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas
Ubicación	Provincia de Pichincha Cantón Quito Parroquia Turubamba
Clase de vía	Vía de Tercer Orden
Característica de la vía	Vía Clase III de dos carriles, con un ancho de calzada de 6.00m, vereda de 2.80m a un solo lado y bordillo de 0.20m.
Longitud de la vía (m)	Vía de 3991.91 m dividido en dos tramos, el primero de 2304.22m y el segundo de 1687.69m
Promotor del proyecto	Administración Zonal Quitumbe
Representante legal	Ing. Leonardo Tupiza (AZQ)
Responsable del estudio	Universidad Politécnica Salesiana
Supervisión del estudio	Ing. Danny Yánez (UPS)
Equipo consultor	Israel Carvajal Cristian Aucanshala Marco Valverde

Nota Datos generales del proyecto. Fuente: Autores.

. Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

7.3 Marco legal e institucional.

El presente proyecto se deberá regir a las siguientes normas vigentes:

- Constitución de la República del Ecuador, publicada en Registro Oficial N° 449 del 20 de Octubre del 2008.
- Acuerdo Ministerial 006 del 18 de Febrero del 2014 que considera el derecho al buen vivir de las personas en un ambiente sano y equilibrado para lo cual declara de interés público la conservación del ecosistema, biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, prevención de los daños ambientales y la recuperación de los espacios degradados.
- “El art. 14 de la constitución de la República del Ecuador reconoce, el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.
- “El art 66, numeral 27 de la constitución de la República del Ecuador reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y armonía con la naturaleza”.
- “El art 395, de la constitución de la República del Ecuador, señala que el estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado, así como las políticas de gestión ambiental serán de obligatorio cumplimiento por parte del estado y por todas las personas naturales y jurídicas, el estado garantizará la participación activa de la sociedad en la planificación, ejecución y control de las actividades que generen impactos ambientales y finalmente en caso de existir duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, esta se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza”.

- “El art. 21, del Impacto Ambiental Expost, evaluación de riesgos, planes de manejo; planes de manejo de riesgo, sistemas de monitoreo, planes de contingencias y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos. El Ministerio del Ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente”.
- “El Art. 28.- Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto establezca el Reglamento, entre los cuales se incluirán consultas, audiencias públicas, iniciativas, propuestas o cualquier forma de asociación entre el sector público y el privado. Se concede acción popular para denunciar a quienes violen esta garantía, sin perjuicios de la responsabilidad civil y penal por acusaciones maliciosamente formuladas”.
- Sistema único de Manejo Ambiental (SUMA).
- Ley de gestión ambiental, expedida el 30 de julio de 1999, en el registro oficial No.245.
- Ley de la prevención y control de la contaminación ambiental.

7.4 Definición de área referencial.

El proyecto se encuentra ubicado en la parte sur-oriental del Distrito Metropolitano de Quito específicamente en la Zona de Quitumbe, el mismo que tiene una longitud de 6 km y un ancho de vía de 6m, y que geográficamente se encuentra ubicado de acuerdo a las siguientes coordenadas:

La ubicación grafica en el google earth es la siguiente:

Ubicación geográfica del proyecto

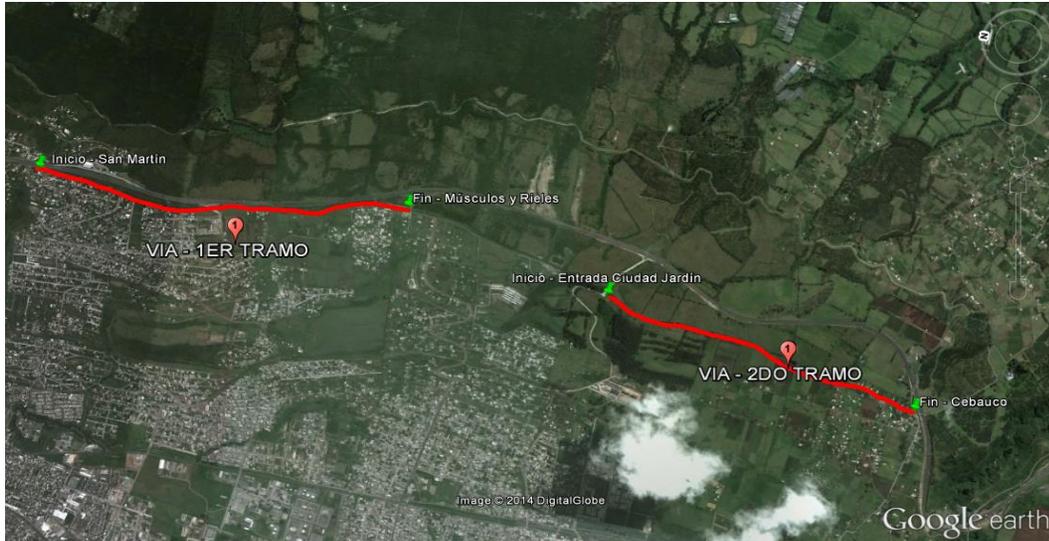


Figura 40. Área de Influencia del Proyecto. Fuente Google earth

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Tabla 83.

Ubicación geográfica del proyecto.

Geográficamente se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas UTM:			
X (Este)	Y (Norte)	Altitud(msnm)	Descripción
497604.844	9966230.776	3153.626	Coordenada de Inicio
496917.381	9960667.479	3057.809	Coordenada al final

Nota. Ubicación geográfica del proyecto.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

7.5 Caracterización y diagnóstico del área de influencia del proyecto (Línea base).

La línea base presenta las características naturales en las que se encuentra inicialmente los sectores de San Martín, Músculos y Rieles, El Troje, ingreso a Ciudad Jardín y Cebauco, las cuales serán afectadas con la ejecución del proyecto y que corresponden a componentes físicos, biológicos y socioeconómicos como se detallan a continuación:

7.5.1 Componentes físicos.

7.5.1.1 Calidad del aire.

Durante la fase constructiva actividades como el transporte, excavación, tendido del material pétreo con moto niveladora, compactación mecánica con un compactador liso, son actividades que generan principalmente ruido, emisiones atmosféricas y polvo debido a la utilización de la maquinaria. Estos producirán impactos negativos de magnitud moderada de carácter ocasional, temporal, reversible y mitigable en el primer tramo de la vía es donde se presentara mayores molestias puesto que aquí es donde se tiene mayor número de viviendas, lo que no sucederá con el segundo tramo ya que en esta zona la mayor parte son terrenos de cultivo agrícola que carece de viviendas con lo que no se tendrá mayor inconveniente por este tipo de actividades.

7.5.1.2 Calidad del suelo

El sitio donde se encuentra ubicado el proyecto vial posee suelos que se han desarrollado de acuerdo a la zona de vida, entre los que se encuentran: Areniscas, suelos arcillosos, suelos con formaciones sedimentarias.

Por tal razón los trabajos a realizar durante la fase constructiva de la vía son actividades que producirán afectaciones del suelo de magnitud baja y carácter ocasional, reversible y no mitigable puesto que para el caso del primer tramo la vía está diseñada por un camino de tierra ya consolidado y para el caso del segundo tramo la vía cruza por terrenos agrícolas.

Las pruebas de densidad de campo que se realizarán para verificar la calidad del suelo que conformará la plataforma de la vía no generan impacto en la calidad del suelo.

7.5.1.3 Calidad del agua subterránea

Las actividades a realizar en el proyecto no tienen mayor incidencia con respecto a las aguas subterráneas puesto que no se tiene excavaciones profundas, presencia de quebradas o cuerpos de agua que puedan ser contaminados a lo largo del proyecto.

7.5.1.4 Tipos de suelo

La zona donde se ubica el proyecto en su mayoría son suelos de cultivo y según el estudio de suelos se tiene que se trata de un Limo Arcilloso.

De acuerdo a las Clasificación AASHTO se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 84.
Resumen de clasificación AASHTO.*

RESUMEN DE CLASIFICACIÓN AASHTO			
ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIF. AASHTO	DESCRIPCION DEL SUELO
PI (C1) - SAN MARTÍN			
0+000	0.5	A-7-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-4 (4)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD;

			VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
P2 (C2) - SAN MARTÍN			
0+500	0.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P3 (C3) - ALTOS DE LA COLINA			
1+000	0.5	A-6 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-7-6 (11)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN

			BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-7-6 (14)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
P4 (C4) - ALTOS DE LA COLINA			
1+500	0.5	A-7-6 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
	1.0	A-4 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CLARO
	1.5	A-7-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS AMARILLAS
P5 (C14) - EL TROJE			
1+700	0.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES,

			DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ
	1.0	A-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ CLARO
	1.5	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ CLARO
P6 (C5) - EL TROJE			
2+000	0.5	A-7-6 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-6 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ NEGRUZCO

P7 (C6) - EL TROJE			
2+500	0.5	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-6 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
P8 (C7) - EL TROJE EMMAP			
3+000	0.5	A-7-5 (16)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.0	A-6 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ CON PINTAS

			AMARILLAS
	1.5	A-4 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P9 (C8) - CIUDAD JARDÍN			
3+500	0.5	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-4 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (6)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;CON PÓMEZ, CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ OSCURO
P10 (C9) - PARQUE UE			
4+000	0.5	A-7-5 (11)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY

			ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.0	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-7-5 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ NEGRUZCO
P11 (C13) – COMPOSTERA			
4+500	0.5	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-7-5 (12)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-4 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS LIMOSOS; PERMEABILIDAD MODERADA, ELASTICIDAD ALTA, ALTA/DEFICIENTE COMPRESIBILIDAD, SOBRESALIENTE CAPILARIDAD; VALORACIÓN DEFICIENTE PARA BASES DE PAVIMENTOS, DEFICIENTE

			PARA SUB BASES, DEFICIENTE/ALTO PARA TERRAPLENES, REGULAR PARA SUBRASANTES ; CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P12 (C10) - BARRIO ROSALES			
5+000	0.5	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-7-5 (13)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO
	1.5	A-7-5 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO
P13 (C15) - BARRIO ROSALES			
5+250	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-7-5 (9)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-7-5 (7)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS;

			PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON PÓMEZ, COLOR CAFÉ OSCURO
P14 (C11) - BARRIO ROSALES			
5+500	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO (TURBA)
	1.0	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO (TURBA)
	1.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; ORGÁNICO, CON RAICES, COLOR NEGRUZCO (TURBA)
P15 (C16) - BARRIO ROSALES			
5+750	0.5	A-8	MATERIAL CON MATERIA ORGÁNICA: SUELOS ORGÁNICOS (INCLUIDA LA TURBA); SOBRESALIENTE COMPRESIBILIDAD,BAJA RESISTENCIA AL CORTE; VALORACIÓN INADECUADA PARA TERRAPLENES, INADECUADA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-7-5 (5)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES,

			BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; CON RAICILLAS, COLOR CAFÉ NEGRUZCO
	1.5	A-7-5 (3)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR CAFÉ OSCURO
P16 (C12) - PLYWOOD II			
6+000	0.5	A-7-6 (10)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD BAJA, ELASTICIDAD MODERADA, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, BAJA PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ; COLOR NEGRUZCO
	1.0	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;COLOR CAFÉ OSCURO
	1.5	A-6 (8)	MATERIAL LIMOARCILLOSO: SUELOS ARCILLOSOS; PERMEABILIDAD MUY BAJA, ELASTICIDAD DEFICIENTE, MUY ALTA COMPRESIBILIDAD, MUY ALTA CAPILARIDAD; VALORACIÓN BAJA PARA BASES DE PAVIMENTOS, BAJA PARA SUB BASES, DEFICIENTE PARA TERRAPLENES, MALA PARA SUBRASANTES ;COLOR CAFÉ OSCURO

Nota. Resumen de clasificación AASHTO. Fuente: UPS Laboratorio de suelos

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

7.5.2 Características bióticas.

7.5.2.1 Flora

Para la determinación de flora se empleó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (E.E.R), mediante recorridos de campo en el área de influencia directa del proyecto. El suelo está cubierto de una vegetación cuyo grado de degradación está en relación directa a la explotación humana. Entre lo más representativo la población se dedica al cultivo de papas, maíz, alfalfa. Además de que existen arbustos de eucalipto, pastos, lecheros y chilca.

Las actividades que se realizan en el proceso de construcción de la vía, alteran la vegetación de una manera mínima, ya que actualmente la misma se encuentra alterada por la actividad del hombre.

Lo que produciría un impacto negativo de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional, temporal, reversible y no mitigable. Las pruebas de compactación no alteran la vegetación.

7.5.2.2 Fauna

La fauna terrestre en el sector de estudio ha desaparecido casi por completo por cambios que ha sufrido este ecosistema entre lo más relevante tenemos son: asentamientos humanos, construcción de carreteras como la Simón Bolívar que generan gran cantidad de ruido en el sector.

Se pudo observar que la fauna silvestre de este sector es escasa y casi no existe, entre lo que prevalece tenemos: mirlos, escarabajos, lagartijas, picaflores, sapos y abejas.

En el sector por situaciones económicas los moradores se dedican a la crianza de aves de corral, ganado vacuno, porcino sobre todo en el segundo tramo.

Por consiguiente se considera que se producirá un impacto negativo de magnitud baja, importancia baja y carácter ocasional, temporal, irreversible y no mitigable.

7.5.2.3 Paisaje

Desde el punto de vista paisajístico es de gran calidad puesto que la zona donde se encuentra ubicado el proyecto permite visualizar tanto a la ciudad de Quito como a los Valles, además de estar junto a uno de los parques con mayor reserva boscosa de Quito como lo es el parque Metropolitano del Sur.

De igual manera tenemos el Camino de los Incas el cual está considerado como una de las zonas de protección por parte del INPC para el cual existen proyectos de recuperación en beneficio de la colectividad. Por tal razón la logística en cuanto a la construcción de la vía está bien definida de tal manera que se produzca la mínima afectación a la zona del proyecto a más de que la zona poblada es de un 30% frente a un 70% de zona forestal y de cultivos.

7.5.3 Medio social y económico

7.5.3.1 Demografía

La cantidad de habitantes que serán beneficiados con la ejecución del proyecto están cuantificados en función del último Censo Poblacional del 2010 para la provincia de pichincha de acuerdo a las zonas de influencia del sector que corresponden a los barrios San Martín, Músculos y Rieles, El Troje, Cebauco:

Tabla 85.
Análisis poblacional.

Análisis poblacional.									
EDAD	Z 406	Z 407	Z408	Z 287	Z 286	Z 410	Z 412	Z 413	Z 416
Menor de 1 año	1	1	1	1	2	1	1	1	1
De 1 a 4 años	5	6	5	5	6	6	5	4	5
De 5 a 9 años	7	7	7	6	8	8	6	6	6
De 10 a 14 años	6	7	7	6	8	8	6	5	7
De 15 a 19 años	7	6	6	6	7	6	5	4	5
De 20 a 24 años	6	7	5	6	8	5	4	4	5
De 25 a 29 años	5	6	5	5	7	6	4	4	5
De 30 a 34 años	5	5	4	4	6	5	4	5	5
De 35 a 39 años	4	4	4	4	5	4	4	4	4
De 40 a 44 años	3	3	3	3	4	3	3	3	3
De 45 a 49 años	3	3	3	3	5	3	2	2	3
De 50 a 54 años	2	2	2	2	3	2	2	1	2
De 55 a 59 años	2	2	1	2	2	2	1	1	1
De 60 a 64 años	1	1	1	1	2	1	1	1	1
De 65 a 69 años	1	1	0	1	1	1	0	0	1
De 70 a 74 años	1	1	0	1	1	1	0	0	1
De 75 a 79 años	0	0	0	0	1	0	0	0	0
De 80 a 84 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 85 a 89 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 90 a 94 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 95 a 99 años	0	0	0	0	0	0	0	0	0
De 100 años y mas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	60	62	55	57	76	63	49	45	57
								TOTAL HAB.	523

Nota. Análisis poblacional de sector del proyecto. Fuente: INEC Censo 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Con los valores de población del 2010 obtenemos la población actual:

Población del Censo 2010 = **523 Habitantes.**

Tabla 86.
Crecimiento poblacional según provincias.

Tabla de Población y tasa de crecimiento según provincia			
Nombre de provincia	2001	2010	Tasa de crecimiento
Santa Elena	235.713	308.693	3,00%
Santo Domingo	286.832	368.013	2,77%
Morona Santiago	115.412	147.940	2,76%
Esmeraldas	431.174	534.092	2,38%
Pichincha	2.101.080	2.576.287	2,70%
Los Ríos	650.178	778.115	2,00%
Zamora	76.601	91.376	1,96%
Guayas	3.069.157	3.645.483	1,91%
Azuay	603.434	712.127	1,84%
Cotopaxi	349.726	409.205	1,75%
Orellana	86.493	136.396	5,06%
Sucumbíos	128.995	176.472	3,48%
Pastaza	61.779	83.933	3,41%
Galápagos	18.640	25.124	3,32%
Napo	79.139	103.697	3,00%
Santa Elena	235.713	308.693	3,00%
Manabí	1.186.101	1.369.780	1,60%
Tungurahua	441.034	504.583	1,50%
El oro	525.763	600.659	1,48%
Chimborazo	403.632	458.581	1,42%
Loja	404.835	448.966	1,15%
Cañar	206.981	225.184	0,94%
Bolívar	169.370	183.641	0,90%
Carchi	152.939	164.524	0,81%

Total	12.156.608	14.483.499	1,95%
-------	------------	------------	-------

Nota. Crecimiento poblacional según provincias Fuente: INEC Censo 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tasa de crecimiento anual (i) = 2,7

$$P_n = P_o * (1 + i)^n$$

Donde:

P_n = Población proyectada

P_o = Población Inicial

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años

Tabla 87.

Análisis de población actual.

Población proyectada		
Año	Población	N
2010	523	0
2011	537	1
2012	552	2
2013	567	3

Nota. Población proyectada al 2013. Fuente: INEC Censo 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 88.
Análisis de población futura.

POBLACION FUTURA		
Año	Población	N
2013	567	0
2014	582	1
2015	598	2
2016	614	3
2017	630	4
2018	647	5
2019	665	6
2020	683	7
2021	701	8
2022	720	9
2023	740	10
2024	760	11
2025	780	12
2026	801	13
2027	823	14
2028	845	15
2029	868	16
2030	891	17
2031	915	18
2032	940	19
2033	966	20

Nota. Análisis de población futura.Fuente: INEC Censo 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

La población beneficiada a un futuro con la ejecución del proyecto será de 966 habitantes, para un periodo de vida útil de 20 años.

7.5.3.2 Beneficios económicos

Por décadas la agricultura y ganadería han sido las fuentes de ingreso para los habitantes, además de las actividades comerciales que complementan el desarrollo de la colectividad en el sector.

Actualmente los beneficios agrícolas y ganaderos han disminuido por lo que los habitantes del sector se han visto obligados a emplearse en empresas públicas y privadas con la finalidad de mejorar su calidad de vida.

Por tal razón del total de la población del sector un 10% se dedica a las actividades agrícolas y ganaderas frente a un 90% que trabajan como empleados privados.

7.5.3.3 Educación

De la información estadística proporcionada por el INEC se puede evidenciar que el analfabetismo a lo largo de la zona de influencia del proyecto es de 5.89%, y el porcentaje de la gente que sabe leer y escribir es de 94.11%.

7.5.3.4 Salud y seguridad

En la actualidad el gobierno de turno se ha preocupado por abastecer de sitios de atención emergente para esta zona de la ciudad por lo que se cuenta con centros médicos y de hospitalización como son los sub centros en cada parroquia y la creación de hospitales como el del Padre Carolo ubicado en el sector de Quitumbe.

La seguridad también ha mejorado puesto que existe UPC en cada uno de los barrio antes mencionados a lo largo del proyecto por lo que se puede contar con asistencia inmediata el momento de una emergencia.

7.5.3.5 Vivienda

La calidad de la vivienda en este sector de la ciudad está determinada por los materiales usados para la construcción, pues estos están muy asociados a las condiciones socioeconómicas de la población.

De acuerdo a la información obtenida por un recorrido por el sector se pudo constatar que la mayoría de hogares tienen viviendas de hormigón, seguidos de madera y finalmente en menor proporción de tierra.

7.5.3.6 Estructura de hogar

La mayoría de hogares de la zona de influencia del proyecto tienen al padre como el jefe del hogar, seguido por el de la madre, y en menor proporción los abuelos y los hijos/as.

En el caso de la presencia de hogares con jefatura de las madres se debe a la migración internacional, lo que implica que estos miembros del hogar han tenido que asumir nuevos roles relacionados no sólo con las decisiones del hogar, sino también con el trabajo, la educación de los menores de edad, la alimentación, el vestido, etc.

7.5.3.7 Servicios Básicos

Del Censo poblacional del 2010 se tiene información con respecto a servicios básicos para este sector de la ciudad que arrojan los siguientes valores:

Tabla 89.

Datos Porcentuales de Servicios Básicos.

SERVICIOS BASICOS	%
Electricidad	90.18
Agua Potable	95.36
Alcantarillado	80.40
Recolección	75.60

Nota. Estadística de servicios básicos del sector. Fuente: INEC Censo 2010

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Se puede constatar que la mayoría de la población donde se ejecutará el proyecto cuenta con los servicios básicos

7.5.4 Aspectos Arqueológicos.

Camino de los Incas

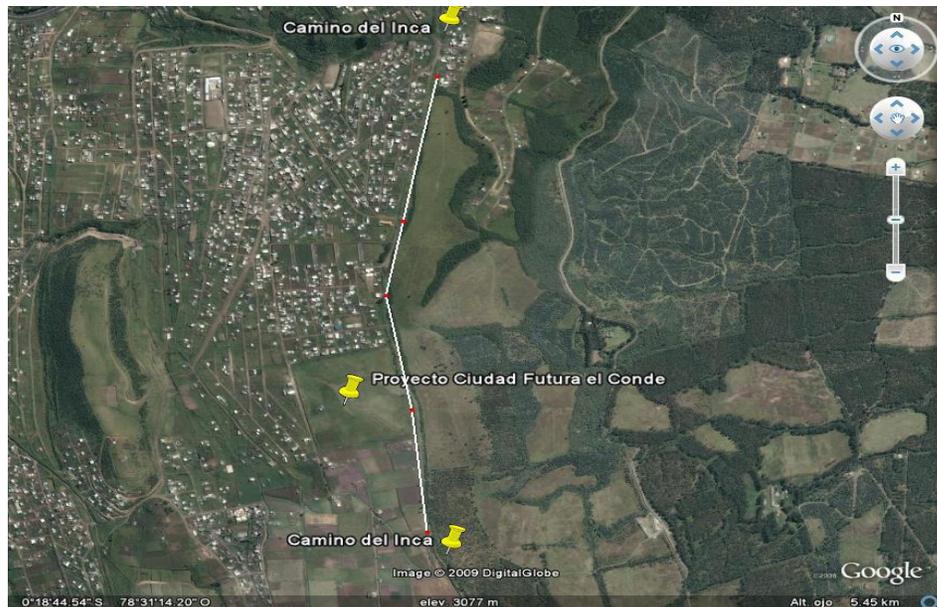


Figura 41. Camino del Inca. Fuente Google earth.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Investigada por varios arqueólogos y sustentada y ratificada por el equipo del Qhapaq Ñan del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Para lo cual se realiza un resumen sobre la zona: Conexos a esta sección de la red vial se ejecutó la prospección y monitoreo arqueológico de la prolongación sur de la avenida Simón Bolívar y registró tramos del Camino del Inca.

Camino de los Incas



Figura 42. Camino de los Incas. Fuente: INPC.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

En el mismo año realizó la excavación arqueológica del Proyecto de la Mini central Hidroeléctrica El Troje, en Quito, Provincia de Pichincha, manifiestan que se ha “alterado parte del sistema de vida que se tenía hace una década, que eventualmente estuvo relacionada con rutas antiguas (asociación con el camino del inca) y fuentes de abastecimiento de alimentos, a través de algunas aves locales y cacería de fauna pequeña...”. En el desarrollo del Proyecto de la Mini central Hidroeléctrica, recomiendan que es necesaria la presencia de un arqueólogo para registrar y monitorear los trabajos de adecuación del área. Camino y Mano salvas, (2006), (p.8). (Bolaños, 2008) Como se puede evidenciar en lo manifestado por los investigadores y de acuerdo al trabajo realizado por el INPC, la concepción del camino está muy vinculada a la cosmovisión de los pueblos de cada espacio geográfico. Su esencia y función han permanecido a través de los tiempos, pese a visiones diferentes y conceptualización de los investigadores.

Camino de los Incas

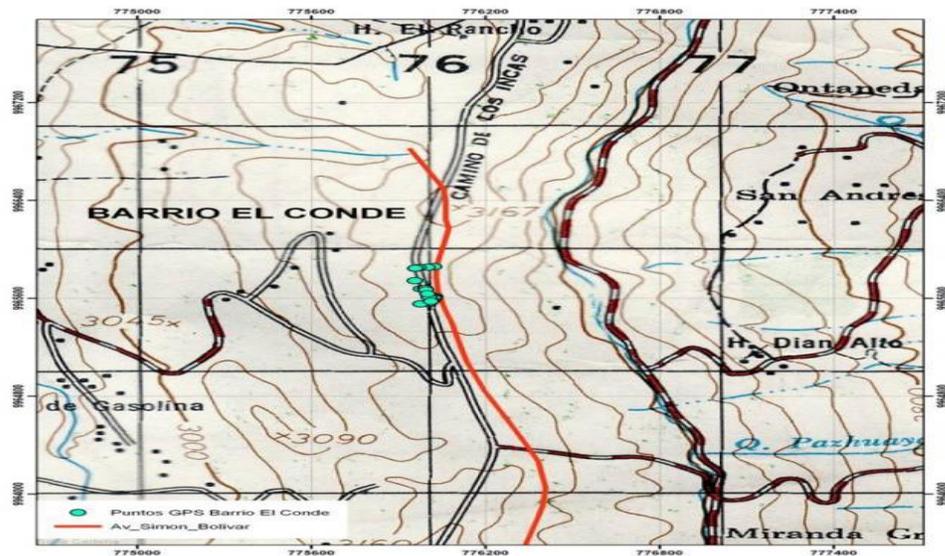


Figura 43. Implantación del Camino de los Incas. Fuente: INPC.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

La zona de vida del presente estudio corresponde a bosque muy Húmedo Montano (bm-HM) (Holdrige 1978), con temperaturas media anual entre 12-18°C y con precipitaciones media anual de 1000-2000 mm., de pluviosidad por año, de topografía ligeramente plana o ligeramente ondulada.

Geomorfológicamente esta red vial (sección) se asienta hacia la parte norte sobre un relieve colinado medio. Avanzando hacia el sur, desde el sitio señalado, existen pequeñas extensiones de terreno que muestran superficies de aplanamiento y escasos relieves escarpados, estos últimos, presentes en la población de Santa Rosa. Hacia el sector de Uyumbicho, Amaguaña y Tambillo, se pueden registrar vertientes de tipo cóncavo y convexo, formas que son parte de la topografía de la zona. Cadena, Bravo (Óp. Cit.) (p. s/n). En Bolaños (2008).

Geológicamente, se caracteriza por un volcanismo reciente, la zona de estudio está asentada sobre la Formación Volcánica del Cotopaxi, con litología de piroclastos, lahares y flujos de lava pertenecientes al Período Cuaternario (Cadena, 2008). De estudios geológicos realizados en la cuenca de Quito, Villalba y Alvarado (1998) señalan que: “se formó a consecuencia de la acción de una falla tectónica, denominada Quito - Ilumbisí o Quito....” Y se extiende en Tambillo al Sur, hasta San Antonio de Pichincha al Norte.

El camino ubicado en la zona de El Troje se encuentra altamente intervenido, varias áreas han sido transformadas en pastizales o botaderos de basura, pero todavía se puede encontrar en algunos lugares especies nativas de la zona como Pumamaqui, Taxo, Salvia, Barnadesia, Coralillo entre otras y de la misma forma especies de aves asociadas a esta formación vegetal, como el caso de los pinchaflores, quindes, mirlos y tangaras de montaña, en cuanto a la fauna mayor, está casi desaparecida, solo especies de gran adaptación como las raposas o roedores de campo han podido mantenerse dentro del área que se está transformando en una zona poblada con gran rapidez. Según la comunicación de los pobladores de la zona el lugar fue una gran hacienda rodeada de bosque nativo, el llamado bosque de los “Panzaleos”, donde la gente aprovechaba la gran fertilidad de los suelos y sembraban, trigo, cebada y papas y para las áreas más bajas de clima más cálido se podía sembrar, maíz, granos, y aguacates. Actualmente en

la zona de El Troje, al desaparecer el bosque se creó artificialmente un hábitat de pastizal ideal para pequeños mamíferos, ratones y conejos.

Se encontró una especie de búho el Búho orejicorto (*Asio flammeus*) especie diurna de gran tamaño que habita en lugares con pastizal y con fuentes de agua, casos como el del Búho orejicorto, llaman la atención, por ser una especie poco común y localizada en páramo con áreas de pasto semiabiertas, que coincide con el hábitat que visitamos, pero ahora está en un proceso de reforestación, lo que producirá en un futuro un cambio en el hábitat, de pastos a bosques con árboles como la chilca y mimosa. En esta zona se encuentra uno de los pocos y pequeños remanentes de bosque andino de los alrededores de Quito que coinciden con la zona determinada para la creación del Parque Lineal del Sur.

7.5.4.1 Lineamientos para la rehabilitación del camino de los Incas.

Es la colocación de piedras de cierta dimensión y forma sobre una carretera, para crear la capa de rodadura de la misma, en los lugares en donde falte el empedrado se procederá a realizar este rubro.

Descripción.- Este trabajo consistirá en el recubrimiento de la superficie de la vía con una capa de cantos rodados o de piedra partida. El recubrimiento se efectuará sobre la capa de apoyo debidamente terminada.

También incluirá la formación de una capa de asiento de arena, en la cual se acomodarán los fragmentos de piedra para el empedrado.

Materiales.- El empedrado se realizará con cantos rodados o con piedra fracturada, ígnea o de consistencia similar, de forma redondeada a semiangular, sin aristas vivas, de 15 a 20 cm. de diámetro para las maestras y de 10 a 15 cm. de diámetro para el resto de la calzada y cunetas empedradas. La piedra para empedrado puede provenir de canteras o de depósitos aluviales, dando preferencia al canto rodado para este propósito. No presentará sustancias corrosivas o agresivas en su composición, y será resistente a la acción del agua y de la intemperie.

La piedra estará libre de material vegetal, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada. La clasificación y selección de las piedras adecuadas se hará en el lugar de

explotación y no se permitirá el transporte o uso de piedras que no satisfagan los requerimientos de tamaño establecidos.

Este trabajo no deberá ser efectuado sobre una subrasante que tenga un valor de soporte CBR menor al 6%.

El material no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles y no arrojará una pérdida de peso mayor al 12%, determinada en el ensayo de durabilidad,

Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio

La capa de asiento y el relleno de arena cumplirán con la granulometría para este tipo de trabajo.

Equipo.- La capa de piedra partida o canto rodado será colocada a mano, pero se requiere de equipo de compactación que puede estar formado por rodillos lisos de 8 a 12 toneladas o rodillos vibrantes de fuerza de compactación equivalente.

7.5.4.2 Condiciones actuales del camino de los Incas

Actualmente el Camino de los incas ha sido afectado en varios tramos por efecto de proyectos viales y de vivienda como se puede evidenciar a continuación:

Camino de los Incas



Figura 44. Camino de los Incas. Fuente: INPC.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Estado actual del camino de los Incas



Figura 45. Camino de los Incas. Fuente: INPC.

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde y Cristian Aucanshala.

Por tal razón el INPC, se ratifica en la propuesta consensuada con la Administración Zonal Quitumbe, realizada en el 2010; es decir, que el acceso sea por la vía denominada “Garrochal”, por cuanto en este sector el camino está más alterado y no se afectaría a lo que queda del bien patrimonial y se atendería las necesidades de ingreso a la comunidad los barrios Orquídeas del Sur, Santa Rosa, Guadalupe, Mirador de Guajaló Alto, Cooperativa San Blas, El Conde, La Cocha, Rosales y Campo Alegre inclusive a los predios del Fideicomiso El Conde. Se propone también la construcción de la vía de borde que irá paralelo al Camino del Inca, ingreso que beneficiará no solo al Fideicomiso el Conde, sino a los futuros planes urbanísticos que se aprueben.

7.5.5 Transporte.

Con respecto al sistema de transporte este sector cuenta con líneas de buses en tres puntos estratégicos los cuales abastecen satisfactoriamente a lo largo del proyecto como son: para el caso del inicio del proyecto en San Martín cuentan con la línea de buses de la cooperativa Barrionuevo, en el sector de El Troje cuentan con la línea de Buses de la Cooperativa Vencedores y en el sector de Cebaucó cuentan con la cooperativa Trans. Planeta. Estas no se verán afectadas con la ejecución del proyecto puesto que se tiene vías alternas para su circulación.

7.5.6 Inventario forestal.

Según la comunicación de los pobladores de la zona el lugar fue una gran hacienda rodeada de bosque nativo, el llamado bosque de los “Panzaleos”, donde la gente aprovechaba la gran fertilidad de los suelos y sembraban, trigo, cebada y papas y para las áreas más bajas de clima más cálido se podía sembrar, maíz, granos, y aguacates.

Actualmente en la zona de El Troje, al desaparecer el bosque se creó artificialmente un hábitat de pastizal ideal para pequeños mamíferos, ratones y conejos. Se encontró una especie de búho el Búho orejicorto (*Asio flammeus*) especie diurna de gran tamaño que habita en lugares con pastizal y con fuentes de agua, casos como el del Búho orejicorto, llaman la atención, por ser una especie poco común y localizada en páramo con áreas de pasto semiabiertas, que coincide con el hábitat que visitamos, pero ahora está en un proceso de reforestación, lo que producirá en un futuro un cambio en el hábitat, de pastos a bosques con árboles como la chilca y mimosa.

En esta zona se encuentra uno de los pocos y pequeños remanentes de bosque andino de los alrededores de Quito que coinciden con la zona determinada para la creación del Parque Lineal del Sur.

7.5.7 Diagnóstico ambiental

En esta sección mencionaremos los aspectos a ser afectados tanto beneficiosamente como negativamente durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento de la Vía a construirse.

7.5.8 Etapa Constructiva:

7.5.8.1.1 Adecuación y uso de campamento.

En este aspecto se verá afectada la zona del Troje que es donde se ubicará la zona de campamento para el proyecto el mismo que debe constar con las seguridades necesarias para que garantice la seguridad del personal que labora en la ejecución del proyecto.

7.5.8.1.2 Movimiento de tierras.

Esta actividad afectará todo el proyecto es decir desde San Martín que es donde inicia el proyecto hasta Cebauco que es donde termina, en un ancho de sección de diseño de 9,20 metros y una longitud de 3991.91 metros que es donde se implantará la vía.

7.5.8.1.3 Expropiación de terrenos.

Con respecto a afectaciones por expropiaciones se podría decir que la población tiene conocimiento de los retiros establecidos por parte del INPC que es quien coordina con la Administración Quitumbe sobre la protección del Camino del Inca y que es por lo menos 15 metros del eje del camino.

7.5.8.1.4 Preparación de materiales.

La preparación del Hormigón será insitu en el caso de ser pozos y sumideros y con respecto a bordillos este será con Hormigonera. Para lo cual esto se debe hacer bajo normas de diseño establecidas en el Proyecto.

7.5.8.1.5 Transporte de materiales.

Los materiales serán acumulados en la zona de El Troje, ya que se cuenta con un área amplia para el acopio de los materiales, además que nos permitirá avanzar el proyecto en dos frentes y no provocar malestar en el sector con materiales dispersos a lo largo del proyecto.

7.5.8.1.6 Movimiento de maquinaria.

El movimiento de la maquinaria será a lo largo del proyecto para lo cual se designa diferentes lugares donde se pueda dejar esta maquinaria después de la jornada laboral con la finalidad de ahorrar tiempos de movilización de equipo pesado durante la etapa constructiva, y no producir daños en las vías aledañas al proyecto con el movimiento de dicha maquinaria.

7.5.8.1.7 Desalojo de materiales.

El desalojo se lo realizará en un botadero autorizado por la empresa contratante, que para nuestro caso tenemos la ventaja de estar cerca del botadero de el Troje que se encuentra junto al Parque Metropolitano del Sur a una distancia menor a 2 Km del centro de gravedad del Proyecto.

7.5.8.1.8 Circulación vehicular.

La circulación vehicular no se verá afectada en gran magnitud puesto que la vía a ser construida se encuentra junto al Escalón 1 y a la Avenida Simón Bolívar que son consideradas de alto tráfico y son utilizadas por todos os moradores del sector.

7.5.8.1.9 Mano de obra.

La mano de obra tiene que ser calificada para este tipo de infraestructuras, la misma tiene que ser capacitada constantemente para el buen desarrollo del proyecto, además de que exista una buena empatía con la comunidad beneficiaria del proyecto.

7.5.8.1.10 Asfalto y adoquinado.

La carpeta asfáltica o el adoquinado deben ser colocadas cumpliendo con todas las normas técnicas de diseño a fin de garantizar la durabilidad para el periodo de diseño establecido (20años).

7.5.8.2 Etapa de operación.

7.5.8.2.1 Señalización y seguridad.

La señalización y seguridad deben existir a los largo del proyecto para evitar accidentes tanto de las personas que laboran en el proyecto como de los moradores del sector que pueden desconocer de las zonas vulnerables del sector.

7.5.8.2.2 Movilización vehicular.

La movilización vehicular como se indicó anteriormente está garantizada por la existencia de vías aledañas al proyecto las cuales garantizan la fluidez del tráfico en el sector.

7.5.8.2.3 Aumento de accesibilidad.

Con la construcción de la vía se tendrá un acceso directo de las personas que viven junto al Camino de los Incas por el hecho de que se conectan directamente con la Avenida Simón Bolívar.

7.5.8.3 Etapa de mantenimiento.

7.5.8.3.1 Optimizar tiempo de transporte de productos.

Este aspecto favorece directamente a los moradores del sector de Cebauco que es una zona netamente agrícola para sacar sus productos por la Avenida Simón Bolívar y distribuirla a la ciudad sin ningún problema.

7.5.8.3.2 Mantenimiento de obras menores.

Este trabajo se lo realizará por parte de la empresa contratante con la finalidad de garantizar un buen servicio a la zona de estudio sobre todo en épocas lluviosas que es cuando más colapsan las vías por falta de mantenimiento de pozos y sumideros.

7.5.8.3.3 Mantenimiento de la vía.

De igual manera este se encuentra a cargo de Obras Públicas, la misma que tiene que rehabilitar las zonas donde se produzcan baches o reponer los adoquines en lugares donde sea necesario.

7.5.8.3.4 Remarcación de señalética.

Esto se lo debe realizar periódicamente con la finalidad de evitar accidentes por falta de remarcación en la vía o por falta de señalización vertical como rótulos y semáforos.

7.6 Descripción del proyecto.

7.6.1 Antecedentes.

El presente estudio de Impacto Ambiental es para la construcción de la vía de Borde al Camino de los Incas, con lo cual se desea minimizar los impactos ambientales que se producirán con la ejecución del proyecto y a su vez definir el límite de protección del Camino de los Incas que atraviesa paralelo a la vía; la misma que se quiere rehabilitar

como una zona de caminera o ciclo vía por parte del Instituto Nacional de Patrimonio (INPC) para uso de la comunidad.

Es por esto que el Estudio de Impacto Ambiental es una herramienta que nos permite tomar decisiones en lo que corresponde a mitigar los impactos que se producirá con la ejecución del proyecto vial, es decir realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de los impactos producidos por el proyecto, con la finalidad de definir el grado de afectación y vulnerabilidad del ecosistema y del entorno social del mismo.

La finalidad de este estudio es buscar soluciones a cada uno de los impactos identificados con la implementación de un plan de manejo Ambiental a nivel del diseño definitivo de la vía, el cual incluirá entre otras cosas: justificaciones, tecnologías a utilizar, resultados a lograr, de tal manera que el proyecto sea económicamente rentable y que garantice un servicio para la colectividad involucrada del sector.

7.6.2 Objetivo

7.6.2.1 Objetivo general.

El objetivo principal del Estudio de Impacto Ambiental es el de integrar la concepción técnica del proyecto con el ambiente y viceversa el sector de San Martín hasta Cebauro, a través de la implementación de parámetros que permitan el análisis y evaluación de los impactos ambientales ya sean estos positivos o negativos, además de definir planes y acciones preventivas para reducir los efectos adversos y finalmente reforzar los efectos beneficiosos sobre el ambiente, la comunidad y el proyecto; bajo los lineamientos generales establecidos por la legislación ambiental vigente.

7.6.2.2 Objetivos específicos.

- Levantar la línea Base de la zona donde se implantará el proyecto con información insitu de tal manera que se pueda identificar las zonas de influencia directas e indirectas que se verán afectadas o favorecidas con la ejecución el proyecto vial.
- Definir, controlar, y mitigar los impactos ambientales negativos que las actividades de la construcción de la vía de borde al Camino de los Incas puedan generar sobre el entorno natural.

- Mitigar los impactos sociales negativos, así como resaltar o promover aquellos impactos socioeconómicos locales positivos, para asegurar las buenas relaciones con la comunidad.

El presente proyecto se basa en el diseño de una vía de borde al Camino de los Incas el cual está considerado como zona protegida por parte del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Distrito Metropolitano de Quito, la misma que se encuentra dividida en dos tramos en los cuales se tomaran en cuenta las siguientes medidas:

a) Fase constructiva: En primera instancia para dar inicio una obra es importante contar con el suficiente personal técnico para la supervisión del los avances del proyecto vial los cuales son:

- **1 Superintendente o contratista.-** el mismo que se encarga de la gerencia y administración económica del proyectos así también de revisar planos, cronogramas y finalmente es el responsable de planilla los avances de obra para ser cobrados a la empresa contratante.
- **1 Residente.-** es la persona que controla el avance de los trabajos realizados en campo de tal manera que se cumpla con los cronogramas y normas de diseño establecidas en el proyecto los cuales son reportados al superintendente para justificar las planillas a ser cobradas.
- **1 Administrador.-** es el encargado de proporcionar los materiales en la fase de construcción además de ser el encargado de ver por la seguridad del personal que labora en obra.
- **1 Bodeguero.-** persona que lleva el control de los materiales recibidos y despachados en obra al igual que de proporcionar el equipo de seguridad al personal en campo.
- **1 Maestro mayor.-** persona responsable organizar al personal en las diferentes actividades a realizarse en obra de tal manera que se cumpla con los trabajos establecidos y sobre todo para que se cumpla con los cronogramas del proyecto.
- **1 Grupo de topografía:** conformado por 1 topógrafo y dos ayudantes que están encargados de realizar trabajos de toma de datos de niveles en el proyecto en lo que se refiere a subbase, base y carpeta asfáltica o de adoquinado.

- **1 Cuadrilla.-** la misma que se encuentra conformada por 1 maestro mayor, 3 albañiles, 3 carpinteros y 3 peones para la fase de construcción de alcantarillas.

Equipo mecánico a ser utilizado durante la fase construcción:

- 1 Excavadora la cual se encarga de desbroce en zonas de difícil acceso además de realizar trabajos para la fundición de pozos de revisión de red de alcantarillado.
- 1 Rodillo compactador de 12 ton. para realizar trabajos de compactación de materiales pétreos en subbase, base y capa de rodadura
- 1 Tanquero con capacidad mínima de 3000 galones para hidratar los materiales pétreos de tal manera que alcancen la humedad óptima el momento de la compactación con el rodillo.
- 1 Retroexcavadora para fase de limpieza y desalojo de materiales.
- 5 Volqueta para pasar materiales y desalojo de tierra y escombros.

Para el desarrollo de estos trabajos el personal debe tener la documentación que le permita realizar este tipo de actividades; como es el uso de una licencia de tipo D o E y estar acreditado por la empresa contratante en el proyecto durante la fase de selección de documentos para la asignación del contrato.

Ubicación de zona de campamento.

El campamento es el sitio de concentración del personal técnico y de trabajo que labora en el proyecto el mismo que tiene que estar ubicado en un punto estratégico de tal manera que se tenga fácil acceso tanto para el personal como para la recepción de materiales que para nuestro caso estará ubicado en el Troje ya que desde este punto nos permite avanzar en los dos frentes del proyecto es decir hacia San Martín y hacia Cebauco además que por ser un espacio amplio nos permite el fácil ingreso de la maquinaria pesada y como punto de acopio de los materiales pétreos. En este lugar se adecuarán 1 oficina, 1 bodega, 1 comedor, 1 cocina, 1 vivienda para el personal y una guardianía.

Zona de campamento



Figura 46. Área de Campamentos:

Elaborado: Israel Carvajal, Cristian Aucanshala, Marco Valverde

Movimiento de tierras

Es la primera actividad a realizarse en el proyecto para lo cual previamente se debe haber realizado el replanteo del diseño vial por parte del equipo topográfico en lo que respecta a cortes y rellenos de acuerdo a las abscisas cada 10 metros y tomando en cuenta los retiros establecidos en lo que respecta a la zona de protección del Camino de los Incas que es protegido por parte del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

Expropiación de terrenos

Para nuestro caso no se aplica dicha expropiación puesto que los habitantes donde se realizará el proyecto tienen conocimiento previo del retiro establecido tanto para la recuperación del Camino de los Incas como para la implantación de la vía, además que en su mayoría son terrenos agrícolas y es escasa el área construida sobre todo en el segundo tramo del proyecto.

Preparación de materiales

Esto hace referencia a la preparación de hormigón insitu para las obras menores como son bordillos, cunetas y pozos.

Trasporte de materiales

Este se realizara en volquetas con capacidad no menor a 8m³ los cuales tienen que estar previamente autorizadas para realizar está actividad; estos materiales serán depositados

en el sector del Troje donde será el punto de Stock de materiales. Y los materiales de desalojo se lo harán en el botadero ubicado en el sector de Músculos y Rieles a una distancia de 3km del centro del proyecto.

Los materiales pétreos serán obtenidos de las minas de Píntag ubicados a unos 30km del proyecto los cuales fueron previamente analizados en el laboratorio de suelos para garantizar su calidad de acuerdo a las especificaciones del MOP.

Depósito de materiales pétreos

Este se lo hará en puntos estratégicos a lo largo del proyecto de tal manera que permita optimizar el tiempo en cuanto a la fundición de pozos de revisión y bordillos. Posteriormente a esto se coloca los materiales de sub base y base a ser compactados en distancias no menores a 10m dependiendo del ancho de vía en construcción.

Circulación de vehículos

En este caso se cuenta con la ventaja de estar junto a la avenida Simón Bolívar la que permite trabajar sin problemas además de que al ser un proyecto nuevo no se tiene el inconveniente de cierre temporal o permanente de la vía.

Mano de obra

Esta se encuentra a cargo de Residente de obra el cual velará por el cumplimiento de las normas de diseño establecidas en el proyecto, los cuales serán ejecutados por las cuadrillas de trabajo y el personal que opera la maquinaria pesada.

Asfaltado y adoquinado

El asfaltado se realizará con moto niveladora y rodillo compactador de tal manera que garantice las condiciones optimas de la vía; en lo que respecta a adoquinado se contará con la máquina compactadora e nivel de sub base, base y el colocado de adoquines se realiza con artesanos calificados en lo que respecta a este tipo de capa de rodadura articulada.

Señalización y advertencia de las actividades en el proyecto

Para eso se debe contar con un profesional encargado de la seguridad tanto para trabajadores como para peatones y vehículos a lo largo del proyecto. Para lo cual se cuenta con conos, pantallas refractivas, cintas en zonas de zanjas profundas como pozos y descargas.

b) Etapa de operación y funcionamiento

Esto se dará una vez concluido el proyecto y en su mayoría servirá para los moradores a lo largo de la vía puesto que al estar junto a la avenida Simón Bolívar los conductores preferirán una vía de alto tráfico para la circulación diaria por el sector.

Aumento de la accesibilidad

A futuro esta vía dará servicio a aproximadamente unos 685 vehículos de acuerdo al crecimiento poblacional del sector además de que permitirá acortar distancias para los barrios aledaños hacia la avenida Maldonado.

Etapa de mantenimiento.

Es fundamental ya que permitirá garantizar la vida útil del proyecto; en lo que respecta a asfaltado se debe tener un presupuesto para repavimentación total una vez que lo requiera la capa de rodadura o la reposición de adoquines en el caso de ser articulado, además de una continua señalización.

Limpieza de estructuras menores

Este mantenimiento garantiza que la vía funcione en óptimas condiciones puesto que en épocas invernales se presenta problemas por inundaciones por la falta de limpieza de sumideros y pozos de revisión.

Bacheo o repavimentación

En zonas donde se presenten problemas de agrietamientos de la carpeta asfáltica se debe realizar la respectiva reparación y no permitir que dañe con el apareamiento de los baches o en el caso de ser adoquinado se debe realizar la reposición de los adoquines dañados.

Remarcación de la señalización horizontal

Es importante mantener la vía bien señalizada es por esto que una vez que se dé el debido manteniendo se debe realizar los trabajos de señáletica para protección de vehículos y peatones a lo largo de todo el proyecto, de esta manera se garantiza que se tendrá una vía segura todo el tiempo.

7.6.3 Análisis de Alternativas

El proyecto vial presenta dos tipos de alternativas posibles a ejecutarse las cuales son:

- Pavimento Flexible.
- Pavimento Articulado (adoquinado)

Para el caso del pavimento flexible en términos económicos es más costosa puesto que la plataforma debe estar conformada de una base, sub base y carpeta asfáltica, por ende se debe realizar la excavación a mayor profundidad lo que ocasionará mayores molestias a la colectividad al igual que su mantenimiento es más riguroso.

Con el pavimento articulado no se tendrá mayores inconvenientes puesto que la plataforma constará de una base, cama de arena y adoquín. A más que el momento de producirse daños en la vía simplemente se debe hacer la remoción de las piezas dañadas y la vida útil es mayor.

7.7 Identificación y evaluación de impactos ambientales

De acuerdo a la metodología, la identificación de los impactos ambientales se realiza en base a la matriz causa-efecto, la misma que permite identificar los elementos del medio ambiente que son más susceptibles a recibir impactos y las actividades del proceso de construcción de la vía en estudio, en sus etapas de construcción, operación y mantenimiento.

La matriz de identificación de los impactos, está conformada por las “*actividades*” del proyecto y los “*factores ambientales*”, que se describen a continuación:

7.7.1 Actividades del proyecto

Las actividades a realizarse en el proyecto se presentan a continuación según el tipo de alternativa:

Tabla 90.

Cantidades de obra para pavimento flexible

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO			
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
PRESUPUESTO DE OBRA			
PROYECTO: VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS UBICACIÓN: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA. TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km ACTUALIZADO: FEBRERO 2015			
ALTERNATIVA 1: PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA			
Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	CANT.
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL			
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	940
2	CHARLAS DE CONCIENTIZACION	U	2
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	3
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	2500
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	1
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	860
OPERACIONES PRELIMINARES			
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	35928
8	REPLANTEO MANUAL	m2	35928
MOVIMIENTO DE TIERRAS			
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	45010,68
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	54012,82
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
11	CARPETA ASFAL. EN CALIENTE e=2,5cm-INC. TRAN Recapeo	m2	23952
12	SUB-BASE CLASE 3 (LASTRE) SIN TRANSPORTE	m3	4790,4
13	BASE CLASE 2 - SIN TRANSPORTE	m3	3592,8
14	TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE Y SUBBASE	m3/Km	287400
15	CARPETA ASFALTICA EN CALIEN. e= 7,5cm - INC. TRAN. 405-5c Especific.MOP - 001-F2002	m2	23952
16	IMPRIMACION	lt	11976
OBRAS COMPLEMENTARIAS			
17	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE f'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especific.Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	7984
18	ACERA DE HORM.SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific.MOP-001-F2002, junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	11976
SISTEMA DE ALCANTARILLADO			
19	REPLANTEO Y NIVELACION	m	4020
20	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	6818,03
21	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP.PROM.5cm	m2	4020
22	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6323,59
23	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	4020

(Continúa...)

(...Continuación)

24	TUBERIA PVC $\varphi=300\text{mm}$	m	1540
25	TUBERIA PVC $\varphi=360\text{mm}$	m	720
26	TUBERIA PVC $\varphi=430\text{mm}$	m	160
27	TUBERIA PVC $\varphi=450\text{mm}$	m	320
28	TUBERIA PVC $\varphi=470\text{mm}$	m	800
29	TUBERIA PVC $\varphi=500\text{mm}$	m	160
30	TUBERIA PVC $\varphi=520\text{mm}$	m	320
31	SOBREACARREO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	494,44
32	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	494,44
33	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm ² D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	112,75
34	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	55
SUMIDEROS DE CALZADA			
35	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	323,11
36	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	312,4
37	TUBERIA DE PVC $\varphi=200\text{mm}$	m	831,55
38	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tuberia 6m	u	106
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL			
39	LETREROS PREVENTIVOS	u	18
40	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microesferas)	m	7984
43	CRUCE PEATONAL P1-1	u	11
44	PARE R1-1	u	5
45	VELOCIDAD MAXIMA	u	9
46	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	6

Nota. Cantidades de Obra pavimento flexible.

Elaborado: Israel Carvajal, Cristian Aucanshala, Marco Valverde

Tabla 91.

Cantidades de obra para pavimento articulado.

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
CANTIDADES DE OBRA

PROYECTO: VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS

UBICACIÓN: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA.

TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km

ALTERNATIVA 2: PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ADOQUINADA

Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	CANT.
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL			
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	940
2	CHARLAS DE CONCIENTIZACION	U	2
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	3
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	2500
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	1
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	860
OPERACIONES PRELIMINARES			
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	35928
8	REPLANTEO MANUAL	m2	35928
MOVIMIENTO DE TIERRAS			
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	45010,68
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	54012,82
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
11	ADOQUINADO VEHICULAR f'c=350Kg/cm2 incluye cama de arena	m2	23952
12	SUB-BASE CLASE 3, sin transporte	m3	7692
13	TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (SUB-BASE)	m3/Km	230760
OBRAS COMPLEMENTARIAS			
14	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE f'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especific.Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	7984
15	ACERA DE HORM.SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific.MOP-001-F2002, junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	11976
SISTEMA DE ALCANTARILLADO			
16	REPLANTEO Y NIVELACION	m	4020
17	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	6818,03
18	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP.PROM.5cm	m2	4020
19	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6323,59
20	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	4020
21	TUBERIA PVC φ=300mm	m	1540
22	TUBERIA PVC φ=360mm	m	720
23	TUBERIA PVC φ=430mm	m	160
24	TUBERIA PVC φ=450mm	m	320

(Continúa...)

(...Continuación)

25	TUBERIA PVC $\varphi=470\text{mm}$	m	800
26	TUBERIA PVC $\varphi=500\text{mm}$	m	160
27	TUBERIA PVC $\varphi=520\text{mm}$	m	320
28	SOBREACARREO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	494,44
29	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	494,44
30	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm ² D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	112,75
31	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	55
SUMIDEROS DE CALZADA			
32	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	323,11
33	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	312,4
34	TUBERIA DE PVC $\varphi=200\text{mm}$	m	831,55
35	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tuberia 6m	u	106
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL			
36	LETREROS PREVENTIVOS	u	18
37	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microesferas)	m	7984
38	CRUCE PEATONAL P1-1	u	11
39	PARE R1-1	u	5
40	VELOCIDAD MAXIMA	u	9
41	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	6

Nota. Cantidades de obra para pavimento articulado.

Elaborado: Israel Carvajal, Cristian Aucanshala, Marco Valverde

7.7.2 Evaluación de los impactos ambientales

Se realiza mediante el análisis de la matriz de Leopold, con el cual podemos cuantificar los impactos positivos y negativos que se producirán con la ejecución del proyecto.

Los parámetros que intervienen en este análisis son: magnitud, importancia y carácter; para lo cual cada uno de estos factores tienen un grado de afectación cuantificable como se indica en el siguiente gráfico:

Tabla 92.

Valores cualitativos y cuantitativos de impactos ambientales

Factor de Medida	Valoración Cualitativa	Valoración de Impacto
Carácter	Negativo	-1
	Positivo	1
Importancia y Magnitud	Bajo	1 a 2
	Medio	3 a 5
	Alto	6 a 10

Nota. Valores cualitativos y cuantitativos de impactos ambientales. Fuente: Los Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Para cuantificar el grado de Impacto Ambiental se utiliza la siguiente ecuación: la misma que correlaciona la importancia, magnitud de impacto ambiental para los dos tipos de carácter ya sea positivo o negativo.

$$\text{Valor del Impacto Ambiental} = (\text{importancia} * \text{Magnitud})^{0,5} * \text{Caracter}$$

7.7.3 Valoración de los impactos ambientales.

Carácter

El valor de este impacto, puede ser positiva, negativa o neutro, lo que significa que no existe impacto de carácter significativo. Dicha valoración se determina como (-1) cuando dicho efecto es adverso para el entorno del proyecto y contrario a esto es (+1) cuando este resulta beneficioso para el mismo.

Importancia

La importancia se cuantifica en escala de 1 a 10 dependiendo del impacto que genere las actividades del proyecto.

De 1 a 2: efectos negativos bajos

De 3 a 5: efectos negativos medios o moderados

De 6 a 10: efectos negativos altos.

Magnitud

Este puede ser positivo o negativo dependiendo de la actividad a realizarse en el proyecto y tiene un rango de valoración de 1 a 10; tomando el valor de 1 cuando la alteración es mínima y 10 cuando es máxima.

A continuación se presenta la matriz para valorar los impactos generados en el proyecto:

Tabla 93.
Matriz de carácter de impacto ambiental

MATRIZ N° 1 CARÁCTER DEL IMPACTO AMBIENTAL																					
COMENTARIOS	FACTOR AMBIENTAL	ETAPA DE CONSTRUCCION											TOTAL	ETAPA DE OPERACION			TOTAL	ETAPA DE MANTENIMIENTO			TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3		1	2	3	
		Adquisición y uso de Componentes	Movimiento de Tierra	Exposición de Terreno	Preparación de Estaciones	Transporte de Estaciones	Movimiento de Equipamiento pesado	Desarrollo de Estaciones	Construcción Vehicular	Módulo de Óleo	Acabado y Subapuntado	Sanitización y Seguridad del pasajero		Mobilización Vehicular	Aumento de Accesibilidad	Optimizar tiempo de transporte de pasajeros		Mantenimiento de Óleo, mecánica	Mantenimiento de la vía (asfalto o subapuntado)	Reconstrucción de la Sanitización Ambiental	
MEDIO FISICO	Calidad del Aire	-1	-1			-1	-1	-1	-1		-1		-1	-1	-1	-1		-1		-1	
	Nivel de Sonido		-1		-1	-1	-1	-1	-1		-1		-1	-1	-1	-1		-1		-1	
	Agua		-1																		
	Tipo de Suelo (calidad)				-1								-1								
	Uso del Suelo	-1	-1																		
MEDIO BIOTICO	Flora	-1	-1	-1			-1	-1	-1		-1		-1	-1							
	Fauna		-1				-1		-1					-1							
	Paisaje	-1	-1					-1	-1		1	1	-1	1		1	2	1	1	2	
MEDIO SOCIAL Y ECONOMICO	Economía y Población																				
	Demografía			-1										-1		1		1			
	Empleo										1			1	1		1	1		2	
	Producción			-1										-1	1	1	1	1			
	Beneficios Económicos	1		1							1	1		4	1	1	1	1			
	Relaciones Sociales			-1										-1		1		1			
	Servicios Básicos																				
	Alcantarillado		-1											-1							
	Eléctrico																				
	Agua Potable		-1											-1							
	Humano																				
	Calidad de Vida	-1		-1		-1	-1	-1	-1					-1	1	1	1	1	1	3	
	Salud y Seguridad	-1	-1			-1	-1	-1	-1					-1				1	1	1	
	IMPACTO TOTAL	-5	-10	-4	-2	-4	-6	-6	-6	-6	2	-2	1	-42	3	5	5	13	4	0	4

Nota. Matriz de carácter de impacto ambiental. Fuente: Los Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 94.
Matriz de Magnitud de impacto ambiental

MATRIZ N° 2. MAGNITUD DEL IMPACTO AMBIENTAL																						
COMPONENTES	FACTOR AMBIENTAL	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN											TOTAL	ETAPA DE OPERACIÓN			TOTAL	ETAPA DE MANTENIMIENTO			TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3		1	2	3		
		Adquisición y uso de Camarero	Mantenimiento de Tierra	Disposición de Toneros	Preparación de Materiales	Transporte de Materiales	Mantenimiento de Maquinaria pesada	Desdique de Materiales	Circulación Vehicular	Nivel de Oloro	Adulterio y Abastecimiento	Segurización y Seguridad del proy.		Identificación Vehicular	Aumento de accesibilidad	Optimizar tiempo de transporte de productos		Mantenimiento de Obras menores	Mantenimiento de la vía (adulterio abastecimiento)	Reconstrucción de la Veredilla Horizontal		
MUNDO FISICO	Cantidad del Aire	1	1			5	1	11	9		5		26	5			4					
	Nivel de Ruido		5		5	5	5	5	1				26	5			5					
	Agua	5			5								4									
	Tipo de Suelo (cantidad)	1			5							5		9								
	Uso del Suelo	5											5									
MUNDO BIOTICO	Flora	5	5	5									15									
	Fauna		5				5						9									
	Paisaje	5	5			5							15	5	5	1	5					
MUNDO SOCIAL Y ECONOMICO	Economía y Población																					
	Demografía			5									5	1	5		4					
	Empleo													5	1		5	1	1	1		5
	Producción	1		5						5				1	5	1	5					
	Beneficios Económicos			5										5	5	5	4					
	Relaciones Sociales	1		5										4	5	1	5					
	Servicios Básicos																					
	Alcantarillado		5								5			4								
	Eléctrico		5											5								
	Agua Potable	1			1									5								
	Humano																					
	Calidad de Vida	5	5	5				5	5					15	5	5	5	7				
	Salud y Seguridad	5				1	5	5				5		19	5	5	5		1	1	1	5
IMPACTO TOTAL	26	31	20	11	21	22	19	22	1	12	0	153	22	14	10	41	2	2	2	4	6	

Nota. Matriz de magnitud de impacto ambiental Fuente: Los Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

Tabla 95.
Matriz de Importancia de impacto ambiental

MATRIZ N° 5 IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL																						
CONTORNANTES	FACTOR AMBIENTAL	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN											TOTAL	ETAPA DE OPERACIÓN			TOTAL	ETAPA DE MANTENIMIENTO			TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3		1	2	3		
		Adquisición y uso de Equipamiento	Montaje de Torres	Preparación de Torres	Preparación de Materiales	Transporte de Materiales	Montaje de Mamparas pesadas	Desajuste de Materiales	Circulación Vehicular	Número de Obras	Aislamiento y Adaptación	Seguridad y Seguridad del proy.		Adaptación Vehicular	Aumento de Accesibilidad	Optimizar tiempo de transporte de productos		Administración de Obras nuevas	Mantenimiento de las vías (pavimento asfaltado)	Reparación de la Red eléctrica (horizontal)		
MEDIO FÍSICO	Calidad del Aire	-1,732	-4,681				4,681	-1,732	4,681		4,681		4,681									
	Nivel de Sonido		-4,242		-4,242	4,242	4,242	-4,242	4,242				4,242									
	Agua																					
	Tipo de Suelo (calidad)				-1,732								4,681									
	Uso del Suelo	4,681											4,681									
MEDIO BIÓTICO	Flora	-4,681	-4,681	4,681													0					
	Fauna																0					
	Patrimonio	-4,681	-4,681											4,681		4,681						
MEDIO SOCIAL Y ECONÓMICO	Economía y Población																					
	Demografía			-4,74													0					
	Empleo														1		1		1		1	
	Producción			-4,24											1	1	1					
	Beneficios Económicos			4,74											1	1	1					
	Relaciones Sociales			-4,24											1	1	1					
	Servicios Básicos																					
	Alcance eléctrico																					
	Eléctrico																					
	Agua Potable																					
	Humano																					
	Calidad de Vida	-1,162		-4,48				-1	-1						4,89	1,76	4		11,641			
	Salud y Seguridad	-2				-7	-4	-11											2,44	2,44	2,44	7,348
IMPACTO TOTAL	-16,2	-20,1	-18	-5,6	-12	-18	-18	-14	0	-10	0	-122	12,89	11,74	9	22,641	2,44	2,44	2,44	2,248		
IMPACTOS	CANTIDAD											%	CANTIDAD			%	CANTIDAD			%		
BAJO IMPACTO	1			1			1						15,62									
MEDIANO IMPACTO		1			1	1	2	1	1	1	1		21,87									
ALTO IMPACTO	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1		62,5									

Nota. Matriz de importancia de impacto ambiental Fuente: Los Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

En esta tabla se presenta de manera resumida los impactos positivos y negativos que se producirán con la ejecución del proyecto, del mismo modo se hará énfasis en los impactos que de una u otra manera causen afectaciones al entorno del proyecto, los mismos que se detallan a continuación:

Impacto ambiental con respecto al aire y ruido.

Durante la fase constructiva los problemas ambientales por efecto de ruido y polvo al ambiente será temporal y reversible puesto que se producirá por el movimiento de la maquinaria pesada y transporte de materiales tanto para la obra en sí como por el desalojo del material excavado los cuales no generan problemas a futuro en el ambiente.

Impacto ambiental con respecto a la cobertura vegetal.

En la fase constructiva esta afectación es reversible y temporal para el caso de los puntos específicos como campamentos y sitios de acopios de materiales y se produce lo contrario en la zona donde se implantará la vía a ejecutarse porque el mayor problema es el movimiento de tierras para conformar la plataforma de la vía.

Impacto sobre la calidad de vida.

La calidad de vida para la población del sector no se verá afectada puesto no existen edificaciones construidas ya que los moradores tenían conocimiento de los retiros respectivos por estar junto a una zona de protección como lo es el Camino de los Incas para el cual se ha creado un plan de recuperar por ser considerado una zona protegida por parte del INPC. Además que la ejecución de esta vía permitirá el acceso directo a sus propiedades sin tener que utilizar vías alternas.

7.8 Determinación del área de influencia.

Debido a la riqueza histórica del Camino de los Incas se trata en lo posible de no crear afectaciones en las zonas aledañas a la ubicación del proyecto. Por tal razón es importante analizar los componentes económicos, sociales y medio ambientales en la zona del proyecto tanto en las etapas de construcción como de reparación de la vía.

El área de influencia se clasifica en: directa e indirecta.

7.8.1 Área de influencia directa.

El área de influencia directa se define en función del tipo de proyecto, en este caso al tratarse de una vía tenemos dos niveles bien definidos. El primero corresponde a la zona de alteración directa (AID) de la implantación de la vía, para nuestro caso corresponde a un ancho de 9.20m a lo largo de una carretera de 6km, lo que determina un área de influencia directa de 6has. El segundo generado por las actividades sinérgicas de carácter local relacionadas con lo económico y social; ambas respetando y considerando el derecho de vía (DDV).

A esta se debe adicionar las siguientes superficies:

Campamentos y talleres = 1ha.

Sitios de desalojo = 1ha.

La que nos da un área de influencia directa (AID) = 8has.

En consecuencia las zonas cercanas a la vía y ubicadas entre las distancias de 50 metros a cada lado del eje vial antes indicado, serán las que en mayor grado estarán afectadas por la construcción de la carretera. Contaminantes como el ruido, polvo, gases, materiales de desbroce, desalojo y acumulación de materiales no utilizados, son impactos que se producirán en las zonas cercanas a la vía

7.8.2 Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta corresponderá a los factores que a mediano o largo plazo se verán afectados o beneficiados por el proyecto. En este caso el área de influencia indirecta corresponde al factor socio cultural de la comunidad por donde cruza la vía.

7.9 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es una herramienta que está orientado a prevenir, eliminar, minimizar y controlar los impactos negativos que las etapas de construcción de la vía de Borde al Camino de los Incas causarán al entorno donde se ejecutará el

proyecto. También se busca maximizar aquellos aspectos positivos que se generen por el mismo motivo para los diferentes componentes ambientales.

Para lo cual este Plan contempla las medidas necesarias de mitigación de los impactos negativos identificados durante las fases de construcción, operación y mantenimiento de la vía de Borde al Camino de los Incas.

A continuación se detalla las medidas de mitigación de acuerdo a los impactos negativos producidos:

7.9.1 Medida para la prevención y control de la contaminación del aire.

Para mitigar los efectos de contaminación del aire por causa de los materiales tanto para la obra como los de desalojo será importante colocarlos en sitios alejados de las viviendas de tal manera que por efecto de viento o tránsito vehicular no se produzcan afecciones a la población cercana del sector.

Otro aspecto importante es evitar el derrame del material de desalojo, para lo cual se deberá tomar medidas de seguridad como la colocación de lonas una vez cargadas las volquetas y con velocidades de circulación no mayores a 45Km/h de tal manera que no se produzca el derrame de materiales.

Con respecto a la maquinaria será importante que los camiones y volquetas deban estar perfectamente mantenidos de forma que sus emanaciones de gases de combustión que generan sean los mínimos posibles.

Una medida importante que se utilizará durante toda la ejecución del proyecto para evitar el polvo es el riego de agua con tanquero sobre todo en periodos de verano, con el fin de precautelar la salud de los trabajadores y de la población cercana.

Finalmente el personal que trabaje en sitios donde se genere importantes niveles de polvo y material en suspensión, deberán utilizar implementos de protección personal: mascarillas, gafas.

7.9.2 Medida para la prevención y control del ruido.

En el proyecto se utilizará maquinaria como excavadora, gallineta, rodillo y volquetas; las mismas que emiten ruidos superiores a los 85 dB. Para su atenuación y control se deberá tomar en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- a) Efectuar dos monitoreos para control cada seis meses de las fuentes emisoras de ruido en especial de los provenientes de la maquinaria que se utiliza en los diferentes frentes de obras.
- b) Ajuste y reemplazo de aquellas partes y piezas desajustadas o desgastadas que trabajan a altos niveles de vibración.
- c) Control y vigilancia permanente de límites de velocidad de circulación en la vía y Accesos utilizados por el personal del proyecto y proveedores de materiales.
- d) Todo personal técnico y obrero que opere o ejecute trabajo muy cerca de maquinarias que emite ruidos que sobrepasan los límites permisibles deberá utilizar obligatoriamente equipos de protección auditiva.

7.9.3 Manejo de desechos sólidos de campamento y obra.

Al interior del campamento ubicado en el sector del Troje y de la obra en sí, se espera la generación de residuos sólidos. Los residuos consistirán básicamente de restos de comida, papeles y cartones, desbroce de áreas verdes, escombros de construcción, retazos metálicos, cilindros de hormigón, restos de wipes impregnados con aceite lubricante, entre otros.

Los materiales de desalojo que se generen durante la construcción del proyecto deberán ser dispuestos en sitios convenientemente seleccionados por el Constructor que para nuestro caso corresponden al botadero ubicado 3Km al sur del centro del proyecto, los mismos que deben ser de conocimiento de fiscalización Ambiental.

Para el caso de lubricantes utilizados por la maquinaria estos se almacenaran en tanques ubicados en puntos específicos los cuales deben cumplir con normas de seguridad ambiental y ser desalojados por parte de la entidad contratada para el mantenimiento de la maquinaria.

7.9.4 Medida para la conservación de la flora

Con respecto a la afectación de flora en el sector ésta se limitará al diseño vial establecido en el proyecto de tal manera que la afectación sea mínima. De la misma forma para el caso de la zona de campamento y acopio de materiales pétreos.

7.9.5 Medida de educación y concientización ambiental

En este caso se deberá realizar charlas por parte del contratista con el personal de trabajo de tal manera que exista el compromiso de protección ambiental dentro de la zona del proyecto.

De la misma forma se procederá a realizar reuniones con los directivos del sector y concretar una socialización con los moradores beneficiarios del proyecto de tal manera que tengan conocimiento de las actividades a realizarse durante el tiempo que dure el proyecto con la finalidad que exista un compromiso de colaboración conjunta y se cumpla con lo establecido dentro de los parámetros del proyecto.

7.9.6 Fichas de plan de manejo ambiental

Finalmente el Plan de Manejo Ambiental se basara en los siguientes programas como se indica a continuación.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas		
Programa de Prevención y Mitigación de Impactos		
1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
<p>Determinar las medidas técnicas, normativas, administrativas y operativas para prevenir, evitar y reducir los impactos ambientales negativos en la construcción, operación y mantenimiento del sistema.</p> <p>impactos ambientales negativos en la construcción de la vía</p>		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Impactos negativos producidos por la construcción de la vía	
7. Medidas de Manejo		
<p>Programa de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial</p> <p>Programa de Manejo de desechos líquidos como combustibles, aceites y químicos</p> <p>Programa de Capacitación del Personal</p> <p>Programa de de Contingencia</p> <p>Programa de Relaciones Comunitarias</p> <p>Programa de Rehabilitación de las Áreas Afectadas</p> <p>Programa de Monitoreo y Seguimiento</p> <p>Programa de Cierre y Abandono</p>		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Proyecto	
11. Duración		12 Responsable
Etapa final del Proyecto		Residente de Obra
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas

Programa de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial

1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Social y Económico	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
El objetivo del Programa de Salud y Seguridad Laboral será proteger a los empleados y garantizar el funcionamiento normal y la integridad de los bienes y equipos del proyecto		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Accidentes Laborales	
7. Medidas de Manejo		
Seguro Social. Cumpliendo con el Art. 34 el cual dicta que el contratista debe afiliarse al IESS a todos sus trabajadores		
Reglamento interno de Salud y Seguridad Debe existir un reglamento interno de seguridad el mismo que debe ser valorado por el Ministerio de Trabajo El cual debe ser de conocimiento público por todos los obreros.		
Salud Ocupacional El contratante debe realizar exámenes laborales a todos los trabajadores. Debe existir un análisis de riesgos laborales en las diferentes actividades del proyecto.		
8. Entidad Responsable	9. Área de Capacitación	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Campamento	Una vez por semana
11. Duración		12 Responsable de la Capacitación
Etapa de Construcción		Encargado de Seguridad
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas		
Programa de Capacitación del Personal		
1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
Capacitación del personal del proyecto en lo que respecta a las medidas de seguridad en lo laboral y sobre todo a la protección del medio ambiente		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Accidentes de trabajo, y daños al entorno natural donde se realiza el proyecto	
7. Medidas de Manejo		
<p>Capacitación al personal de las medidas de seguridad durante la fase constructiva, las mismas que tienen que ser impartidas por el profesional encargado de la Seguridad.</p> <p>Incentivar al personal al mantenimiento del medio ambiente con la presentación de diapositivas, charlas y la ubicación de zonas bien identificadas para la colocación de los diferentes tipos de desechos que se generen en el proyecto de tal manera que la afectación al medio ambiente sea el mínimo</p>		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Campamento	Una vez al mes
11. Duración		12 Responsable de la Capacitación
Etapa de ejecución del Proyecto		Residente de Obra
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas		
Programa de Manejo de desechos líquidos como combustibles, aceites y químicos		
1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Factor Biótico	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
<p>Medida tendiente a controlar posibles efluentes líquidos y desechos sólidos directamente al ambiente, provenientes de las actividades del proyecto y del personal asignado a la obra; así como evitar que aceites, grasas, pinturas, combustibles o cualquier compuesto químico pueda ser vertidos a los cuerpos de agua, suelo, vegetación y actividades productivas circundantes</p>		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Contaminación de aguas superficiales y enfermedades ocupacionales.	
7. Medidas de Manejo		
<p>Abastecimiento de Combustibles</p> <p>Vigilar permanentemente que no existan fugas de aceites y combustibles del equipo caminero y de los vehículos.</p> <p>Las grasas y aceites lubricantes desechados se recolectarán y almacenarán para su reutilización.</p> <p>El abastecimiento de combustible se lo debe hacer directamente en las bombas autorizadas para el proyecto.</p> <p>Residuos Líquidos</p> <p>Para controlar los efluentes líquidos de este campamento se construirá una letrina.</p> <p>En ningún caso se permitirá que los vehículos sean lavados cerca de cuerpos de agua o zonas inundables.</p>		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Zona de distribución	Una vez al mes
11. Duración		12 Responsable de la Capacitación
Etapa de ejecución del Proyecto		Residente de Obra
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas		
Programa de Contingencia		
1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
<p>El plan comprende acciones que permiten enfrentar los eventuales accidentes y siniestros en la infraestructura, durante el proceso de construcción y la operación del sistema vial . Los cuales tienen que tener la intervención directa del constructor y la comunidad beneficiaria del proyecto.</p>		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Accidentes producidos durante la construcción de la vía o en etapa de operación	
7. Medidas de Manejo		
<p>El contratista mantendrá en el campamento base un equipo de primeros auxilios; entrenará y capacitará a su personal para ayudar en caso de accidentes, quemaduras, golpes, caídas, etc. El contratista organizará reuniones de seguridad a distintos niveles y frecuencias. Sistemas de alarma y evacuación en todas las áreas de riesgo, con especial énfasis en sitios de campamentos, bodegas y talleres</p> <p>Implementar sistemas de seguridad social y de salud; como por ejemplo, acuerdos previos con hospitales y Clínicas Particulares o Centros de Salud</p>		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Proyecto	
11. Duración		12 Responsable
Etapa de Ejecución del Proyecto		Residente de Obra
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas

Programa de Relaciones Comunitarias

1. Componente Afectado	2.Etapa de Implantación	3.Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
Establecer una sólida alianza con los actores sociales, a fin de generar consensos básicos de conocimiento y apoyo al proyecto vial a desarrollarse.		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Falta de comunicación de los trabajos a realizarse en la zona a ser intervenida	
7. Medidas de Manejo		
Instruir a sus representantes, personal técnico y obrero sobre los procedimientos y maneras adecuadas de actuación con los propietarios de los predios y terrenos aledaños a la obra.		
Advertir a la población sobre los riesgos, peligros y precauciones que se deben tomar en el área de trabajo durante la construcción de la vía		
Lograr la aceptación de la comunidad de tal manera que quede claro que con la construcción de la vía se podrá optimizar tiempo y dinero en los recorridos diarias de las personas que viven en la zona		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Proyecto	Inicio del Proyecto
11. Duración		12 Responsable
Etapa inicial del proyecto		Contratista
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas

Programa de Rehabilitación de las Áreas Afectadas

1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
Orientadas a recuperar el paisaje en los sitios a ser alterados por las obras y actividades del proyecto, e incorporarlos nuevamente a la morfología del sector		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Daños producidos por la maquinaria durante la construcción de la vía	
7. Medidas de Manejo		
Rehabilitación de suelos compactados o degradados Reforestación Revisión de zonas constructivas para determinar si existen estancamientos de agua y liberar los mismos. Reconformación de zanjas o cubetos utilizados para áreas de combustibles.		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Campamento	Fin del proyecto.
11. Duración		12 Responsable
Etapa final del Proyecto		Residente de Obra
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas

Programa de Monitoreo y Seguimiento

1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Componente Social	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
Ejecutar acciones tendientes a monitorear los diferentes componentes ambientales de la zona de influencia del proyecto, de modo que las condiciones en lo posible se mantengan dentro de los parámetros establecidos en la norma vigente.		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe	Daños producidos al medio ambiente por efecto de la construcción de la vía	
7. Medidas de Manejo		
El residente debe realizar monitoreo ambiental estará dirigido a los componentes agua, suelo, ruido y gases de combustión cuando lo requiera el proyecto.		
La fiscalización será la encargada de realizar visitas periódicas en las áreas intervenidas por la construcción del proyecto vial con la finalidad de constatar que se cumpla con el tratamiento adecuado a las zonas afectas.		
8. Entidad Responsable	9. Área de Inspección	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista	Proyecto	Ejecución del proyecto
11. Duración		12 Responsable
Todo el tiempo de duración del proyecto vial		Contratista
13. Observaciones		

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
Proyecto: Diseño de la Vía de Borde al Camino de los Incas		
Programa de Cierre y Abandono		
1. Componente Afectado	2. Etapa de Implantación	3. Tipo de Medida Correctiva
Social y Económico	Construcción	Preventiva
4. Objetivo de Medida Adoptada		
Asegurar la inexistencia de pasivos ambientales al cierre y entrega del proyecto.		
5. Financiamiento	6. Impactos a Mitigar	
Adm. Zonal Quitumbe		
7. Medidas de Manejo		
<p>Después de haber culminado con el plazo para la construcción de la vía el Titular está en la obligación de realizar las siguientes obras a favor del Medio Ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Cuando se dé por finalizada la construcción de la vía se debe retirar toda la maquinaria y equipo; se desarmarán todas las obras de infraestructura construidas de forma temporal y se procederá a su Rehabilitación. · Todos los suelos que hayan sido alterados deberán ser recuperados mediante la incorporación de abonos orgánicos y reforestaciones con plantas nativas del lugar · Todos los sitios de trabajo, fosas de basura, fosas sépticas, etc., serán sellados y se procederá a su Rehabilitación. 		
8. Entidad Responsable	9. Área de Capacitación	10. Frecuencia de Capacitación
Contratista		
11. Duración		12 Responsable de la Capacitación
Etapa de Entrega del Proyecto		
13. Observaciones		

7.10 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental

Tabla 96.
Cronograma valorado del plan de manejo ambiental

Cronograma Valorado del plan de manejo Ambiental												
Actividades	Tiempo de ejecución (meses)										Costo Tentativo(\$)	
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10		
Difusión del Plan de Manejo Ambiental												300
Programa de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial												9600
Programa de Manejo de desechos líquidos como combustibles, aceites y químicos												20000
Programa de Capacitación del Personal												2500
Programa de de Contingencia												15000
Programa de Relaciones Comunitarias												3000
Programa de Rehabilitación de las Áreas Afectadas												20000
Programa de Monitoreo y Seguimiento												4700
Programa de Cierre y Abandono												6000
TOTAL												81100

Nota. Cronograma de plan de manejo ambiental Fuente: Los Autores

Elaborado por: Israel Carvajal, Marco Valverde, Cristian Aucanshala

CAPÍTULO 8

8. PRESUPUESTO.

8.1 Antecedentes.

Uno de los ejes importantes de un proyecto es el presupuesto que este genere, pues muchas veces es vital saber la magnitud de los costos que tendrá una obra vial con lo cual se puede planificar, proyectar y ejecutar una obra.

El proyecto de la Vía de borde al Camino de los Incas posee dos alternativas de construcción como es el pavimento flexible de asfalto y el de adoquinado, de los cuales se elegirá una y sus actividades de construcción se ejecutará en el orden cronológico que la alternativa lo requiera. Dentro de la ejecución se determinaran varias etapas de construcción las cuales tiene que seguir una programación de obra que posteriormente se desarrolla en este capítulo.

8.2 Definición.

El presupuesto de obra se lo define como la tasación o estimación económica de una obra o proyecto que a través de mediciones y valoraciones da a conocer el costo de la obra a ejecutar.

Se basa en la previsión del total de los costes involucrados en la obra de construcción incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto.

8.3 Parámetros que intervienen en el cálculo de un presupuesto.

El cálculo del presupuesto del proyecto consta de varios parámetros con los que se determinará el costo final del proyecto, entre estas tenemos:

- **Rubros**

Los rubros detallan las actividades a realizarse en la obra así como los materiales y especificaciones técnicas del proyecto vial.

- **Cantidades de obra**

El cálculo de las cantidades o volúmenes de obra nos darán las cantidades necesarias para la ejecución de cada rubro del presente proyecto. Este cálculo se lo hace en base a las características del proyecto, diseño realizado, especificaciones técnicas requeridas y los planos de detalle; los cuales determinarán el tipo de material y la cantidad necesaria para la realización de las actividades de construcción en la obra.

- **Unidad de medida**

Se refiere a las unidades de medición que se dará a cada rubro estipulado en el presupuesto, siendo así la base para la cuantificación de los mismos.

- **Los precios unitarios**

Para el presente proyecto se han obtenido los precios unitarios de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas - EPMMOP con fecha de actualización de febrero 2015, con los cuales se determinarán los costos de cada rubro de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas en los proyectos viales.

En el presente proyecto se tienen dos alternativas de construcción por lo que se presentarán presupuestos para cada una de ellas siendo notable la diferencia entre ellas, las alternativas son las siguientes:

- Alternativa 1. Vía con pavimento flexible con capa superficial de asfalto.
- Alternativa 2. Vía con pavimento articulado con capa superficial Adoquinado.

Cabe indicar que el proyecto se encuentra dividido en dos tramos:

Tramo I) Inicia en el puente de San Martín (abscisa 0+000Km) hasta el Barrio Músculos y Rieles (Abscisa 2+304)

Tramo II) Inicia en la intersección de la entrada a Ciudad Jardín y el trayecto de la vía (Abscisa 3+600Km) hasta la calle J en el Barrio de Cebauco (Abscisa 5+288).

En total el proyecto tiene una Longitud = 3992m.

8.4 Cronograma valorado

El Cronograma es una representación gráfica de las actividades a realizarse en la obra de acuerdo a los tiempos estimados de ejecución de cada actividad.

El Cronograma valorado distribuye los fondos solicitados para la ejecución de cada uno de los rubros estipulados en la construcción del proyecto en forma secuencial y coordinada esto permitirá que la curva de inversión del proyecto esté lo más cercano a la curva logística ideal en la construcción.

8.5 Curva de inversión.

Es una curva en forma de S alargada que se grafica en un plano coordenado el tiempo de construcción planificado vs las cantidades de inversión acumulados en dólares.

Este gráfico nos indica si hay un equilibrio en el proceso de la construcción, la idea es que la curva de inversión este lo más cercana posible a la curva logística que es la curva optima que se prevé llegar con el cronograma.

8.6 Presupuestos, cronogramas y curvas de inversión.

Tabla 97.
Presupuesto de pavimento flexible

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO					
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE					
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA					
PRESUPUESTO DE OBRA					
PROYECTO: VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS UBICACIÓN: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA. TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km ACTUALIZADO: FEBRERO 2015 ALTERNATIVA 1: PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA					
Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	P. UNIT.	CANT.	PRECIO TOT.
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL					
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	5,29	940	4972,6
2	CHARLAS DE CONCIENCIACION	U	402,72	2	805,44
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	921,82	3	2765,46
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	0,05	2500	125
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	62500	1	62500
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	4	860	3440
OPERACIONES PRELIMINARES					
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1,31	35928	47065,68
8	REPLANTEO MANUAL	m2	1,68	35928	60359,04
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	3,91	45010,68	175991,76
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	0,38	54012,82	20524,87
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
11	CARPETA ASFAL. EN CALIENTE e=2,5cm-INC. TRAN Recapeo	m2	4,04	23952	96766,08
12	SUB-BASE CLASE 3 (LASTRE) SIN TRANSPORTE	m3	16,64	4790,4	79712,26
13	BASE CLASE 2 - SIN TRANSPORTE	m3	18,49	3592,8	66430,87
14	TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE Y SUBBASE	m3/Km	0,34	287400	97716
15	CARPETA ASFALTICA EN CALIEN. e= 7,5cm - INC. TRAN. 405-5c Especific. MOP - 001-F2002	m2	12,22	23952	292693,44
16	IMPRIMACION	lt	0,55	11976	6586,8
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
17	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE f'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especific. Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	17,32	7984	138282,88
18	ACERA DE HORM. SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific. MOP-001-F2002, junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	15,87	11976	190059,12
SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
19	REPLANTEO Y NIVELACION	m	1,62	4020	6512,4
20	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	8,75	6818,03	59657,7625
21	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP. PROM. 5cm	m2	0,34	4020	1366,8
22	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6,35	6323,59	40154,80
23	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	5,28	4020	21225,6
24	TUBERIA PVC φ=300mm	m	44,22	1540	68098,8
25	TUBERIA PVC φ=360mm	m	52,44	720	37756,8
26	TUBERIA PVC φ=430mm	m	61,67	160	9867,2

(Continúa...)

(...Continuación)

27	TUBERIA PVC $\varphi=450\text{mm}$	m	67,78	320	21689,6
28	TUBERIA PVC $\varphi=470\text{mm}$	m	76,35	800	61080
29	TUBERIA PVC $\varphi=500\text{mm}$	m	85,34	160	13654,4
30	TUBERIA PVC $\varphi=520\text{mm}$	m	93,59	320	29948,8
31	SOBREACARREO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	6,12	494,44	3025,97
32	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	0,32	494,44	158,22
33	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm2 D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	164,21	112,75	18514,68
34	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	210,52	55	11578,6
SUMIDEROS DE CALZADA					
35	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	9,52	323,11	3076,01
36	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	6,35	312,4	1983,74
37	TUBERIA DE PVC $\varphi=200\text{mm}$	m	42,19	831,55	35083,09
38	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tubería 6m	u	350,69	106	37173,14
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL					
39	LETREROS PREVENTIVOS	u	135,95	18	2447,1
40	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microesferas)	m	7,76	7984	61955,84
43	CRUCE PEATONAL P1-1	u	124,35	11	1367,85
44	PARE R1-1	u	135,16	5	675,8
45	VELOCIDAD MAXIMA	u	135,29	9	1217,61
46	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	105,14	6	630,84
TOTAL=				1.896.698,75	

Nota: Detalle de todos los trabajos a ejecutarse en obra

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

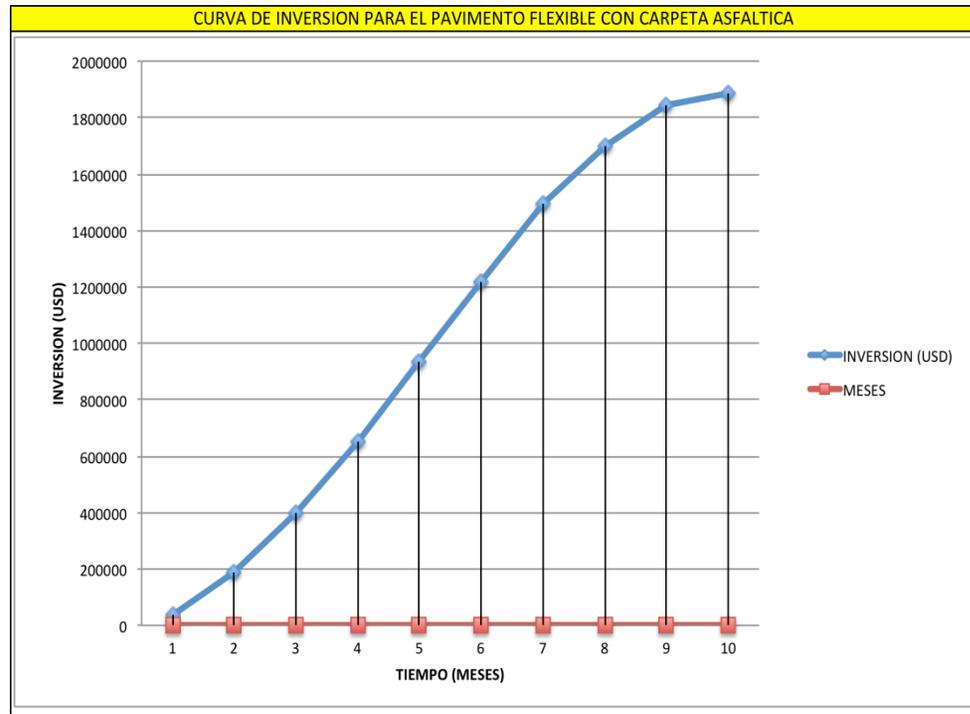
Tabla 98.
Cronograma valorado del pavimento asfaltado

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO																
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE																
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA																
PRESUPUESTO DE OBRA																
PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO DE LA VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS																
UBICACION: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA																
TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km																
ACTUALIZADO: FEBRERO 2015																
ALTERNATIVA 1: PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA																
Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	P. UNIT.	CANT.	PRECIO TOT.	MESES										PRECIO TOT.
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL																
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	5,29	940	4972,6	1243,15	1243,15	1243,15	1243,15						4972,6	
2	CHARLAS DE CONCIENCIACION	U	402,72	2	805,44	402,72									805,44	
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	921,82	3	2765,46		921,82	921,82	921,82						2765,46	
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	0,05	2500	125	125									125	
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	62500	1	62500		62500								62500	
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	4	860	3440								1146,67	1146,67	1146,67	3440
OPERACIONES PRELIMINARES																
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1,31	35928	47065,68	5600	41465,68								47065,68	
8	REPLANTEO MANUAL	m2	1,68	35928	60359,04	11300	29000	20059,04							60359,04	
MOVIMIENTO DE TIERRAS																
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	3,91	45010,68	175991,76			43997,94	43997,94	43997,94	43997,94				175991,759	
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	0,38	54012,82	20524,87			5131,22	5131,22	5131,22	5131,22				20524,8716	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO																
11	CARPETA ASFAL. EN CALIENTE e=2,5cm-INC. TRAN Recapeo	m2	4,04	23952	96766,08			19353,216	19353,216	19353,216	19353,216	19353,216			96766,08	
12	SUB-BASE CLASE 3 (LASTRE) SIN TRANSPORTE	m3	16,64	4790,4	79712,26			6800	16528,06	16528,06	16528,06	16528,06	6800		79712,256	
13	BASE CLASE 2 - SIN TRANSPORTE	m3	18,49	3592,8	66430,87			5450	13882,718	13882,718	13882,718	13882,718	5450		66430,872	
14	TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE Y SUBBASE	m3/Km	0,34	251496	85508,64			8550,00	17102,16	17102,16	17102,16	17102,16	8550,00		85508,64	
15	CARPETA ASFALTICA EN CALIEN. e= 7,5cm - INC. TRAN. 405-5c Especific.MOP - 001-F2002	m2	12,22	23952	292693,44			29200	52698,688	52698,688	52698,688	52698,688	52698,688	52698,688	292693,44	
16	IMPRIMACION	lt	0,55	11976	6586,8			1097,8	1097,8	1097,8	1097,8	1097,8	1097,8	1097,8	6586,8	
OBRAS COMPLEMENTARIAS																
17	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE F'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especific.Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	17,32	7984	138282,88							13800,00	62241,44	62241,44	138282,88	
18	ACERA DE HORM. SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific.MOP-001-F2002, junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	15,87	11976	190059,12					10000,00	9000,00	55000,00	39559,12	76500	190059,12	
SISTEMA DE ALCANTARILLADO																
19	REPLANTEO Y NIVELACION	m	1,62	4020	6512,4	2170,8			2170,8			2170,8			6512,4	
20	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	8,75	6818,03	59657,8	10000	2900	11240	11240	12138,8813	12138,8813				59657,7625	
21	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP.PROM.5cm	m2	0,34	4020	1366,8		227,8	227,8	227,8	227,8	227,8				1366,8	
22	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6,35	6323,59	40154,8	4500	6300	5870,9593	5870,9593	5870,9593	5870,9593	870	5000,9593		40154,7965	
23	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	5,28	4020	21225,6		2100	4256,4	4256,4	4256,4	4256,4				21225,6	
24	TUBERIA PVC φ=300mm	m	44,22	1540	68098,8			13619,76	13619,76	13619,76	13619,76	13619,76			68098,8	
25	TUBERIA PVC φ=360mm	m	52,44	720	37756,8			7551,36	7551,36	7551,36	7551,36	7551,36			37756,8	
26	TUBERIA PVC φ=430mm	m	61,67	160	9867,2			1973,44	1973,44	1973,44	1973,44	1973,44			9867,2	
27	TUBERIA PVC φ=450mm	m	67,78	320	21689,6			4337,92	4337,92	4337,92	4337,92	4337,92			21689,6	
28	TUBERIA PVC φ=470mm	m	76,35	800	61080			12216	12216	12216	12216	12216			61080	
29	TUBERIA PVC φ=500mm	m	85,34	160	13654,4			2730,88	2730,88	2730,88	2730,88	2730,88			13654,4	
30	TUBERIA PVC φ=520mm	m	93,59	320	29948,8			5989,76	5989,76	5989,76	5989,76	5989,76			29948,8	
31	SOBREACARRO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	6,12	494,44	3025,97		340	537,19456	537,19456	537,19456	537,19456	537,19456			3025,9728	
32	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	0,32	494,44	158,22		79,1104	79,1104							158,2208	
33	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm2 D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	164,21	112,75	18514,68			3702,9355	3702,9355	3702,9355	3702,9355	3702,9355			18514,6775	
34	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	210,52	55	11578,6			2315,72	2315,72	2315,72	2315,72	2315,72			11578,6	
SUMIDEROS DE CALZADA																
35	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	9,52	323,11	3076,01					1025,34	1025,34	1025,34			3076,0072	
36	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	6,35	312,4	1983,74					661,246667	661,246667	661,246667			1983,74	
37	TUBERIA DE PVC φ=200mm	m	42,19	831,55	35083,09					11694,36	11694,36	11694,36			35083,0945	
38	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tubería 6m	u	350,69	106	37173,14					12391,0467	12391,0467	12391,0467			37173,14	
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL																
39	LETREROS PREVENTIVOS	u	135,95	18	2447,1					2447,1					2447,1	
40	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microsferas)	m	7,76	7984	61955,84								24955,84	2000	35000	61955,84
44	CRUCE PEATONAL P1-1	u	124,35	11	1367,85									697,85	670	1367,85
45	PARE R1-1	u	135,16	5	675,8									255,80	420,00	675,8
46	VELOCIDAD MAXIMA	u	135,29	9	1217,61									872,61	345	1217,61
47	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	105,14	6	630,84									530,84	100	630,84
TOTAL=					1884491,4										1884491,4	
TOTAL PARCIALES					=	37788,77	147077,56	216699,74	250697,703	283032,808	282032,808	277734,61	207500,514	144245,207	37681,6667	
TOTALES ACUMULADOS					=	37788,8	184866,3	401566,1	652263,8	935296,6	1217329,4	1495064,0	1702564,5	1846809,7	1884491,4	
%PARCIAL					=	2,01	7,80	11,50	13,30	15,02	14,97	14,74	11,01	7,65	2,00	
%ACUMULADO					=	2,01	9,81	21,31	34,61	49,63	64,60	79,34	90,35	98,00	100	

Nota: Cronograma valorado de todos los trabajos a ejecutarse en la construcción de la obra.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

Curva de inversión del presupuesto del pavimento asfaltado



INVERSION (USD)	MESES
37788,77	1
184866,3304	2
401566,0738	3
652263,7767	4
935296,5848	5
1217329,393	6
1495064,003	7
1702564,517	8
1846809,724	9
1884491,39	10

Figura 47. La curva tiene forma de S alargada lo que indica una buena distribución de la inversión en el tiempo. Fuente: Los autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Tabla 99.

Presupuesto para pavimento articulado

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO					
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE					
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA					
PRESUPUESTO DE OBRA					
PROYECTO: VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS					
UBICACIÓN: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA.					
TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km					
ACTUALIZADO: FEBRERO 2015					
ALTERNATIVA 2: PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ADOQUINADA					
Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	P. UNIT.	CANT.	PRECIO TOT.
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL					
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	5,29	940	4972,60
2	CHARLAS DE CONCIENCIACION	U	402,72	2	805,44
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	921,82	3	2765,46
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	0,05	2500	125,00
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	62500	1	62500,00
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	4	860	3440,00
OPERACIONES PRELIMINARES					
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1,31	35928	47065,68
8	REPLANTEO MANUAL	m2	1,68	35928	60359,04
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	3,91	45010,68	175991,76
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	0,38	54012,82	20524,87
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
11	ADOQUINADO VEHICULAR f'c=350Kg/cm2 incluye cama de arena	m2	17,18	23952	411495,36
12	SUB-BASE CLASE 3, sin transporte	m3	16,64	7692	127994,88
13	TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (SUB-BASE)	m3/Km	0,34	230760	78458,40
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
14	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE f'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especif.Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	17,32	7984	138282,88
15	ACERA DE HORM.SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific.MOP-001-F2002,junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	15,87	11976	190059,12
SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
16	REPLANTEO Y NIVELACION	m	1,62	4020	6512,40
17	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	8,75	6818,03	59657,76
18	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP.PROM.5cm	m2	0,34	4020	1366,80
19	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6,35	6323,59	40154,80
20	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	5,28	4020	21225,60
21	TUBERIA PVC φ=300mm	m	44,22	1540	68098,80
22	TUBERIA PVC φ=360mm	m	52,44	720	37756,80
23	TUBERIA PVC φ=430mm	m	61,67	160	9867,20
24	TUBERIA PVC φ=450mm	m	67,78	320	21689,60
25	TUBERIA PVC φ=470mm	m	76,35	800	61080,00
26	TUBERIA PVC φ=500mm	m	85,34	160	13654,40

27	TUBERIA PVC $\varphi=520\text{mm}$	m	93,59	320	29948,80
28	SOBREACARREO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	6,12	494,44	3025,97
29	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	0,32	494,44	158,22
30	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm2 D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	164,21	112,75	18514,68
31	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	210,52	55	11578,60
SUMIDEROS DE CALZADA					
32	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	9,52	323,11	3076,01
33	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	6,35	312,4	1983,74
34	TUBERIA DE PVC $\varphi=200\text{mm}$	m	42,19	831,55	35083,09
35	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tuberia 6m	u	350,69	106	37173,14
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL					
36	LETREROS PREVENTIVOS	u	135,95	18	2447,10
37	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microesferas)	m	7,76	7984	61955,84
38	CRUCE PEATONAL P1-1	u	124,35	11	1367,85
39	PARE R1-1	u	135,16	5	675,80
40	VELOCIDAD MAXIMA	u	135,29	9	1217,61
41	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	105,14	6	630,84
TOTAL=				1.874.741,94	

Nota: Detalle de todos los trabajos a ejecutarse en obra

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Tabla 100.

Cronograma valorado del pavimento adoquinado

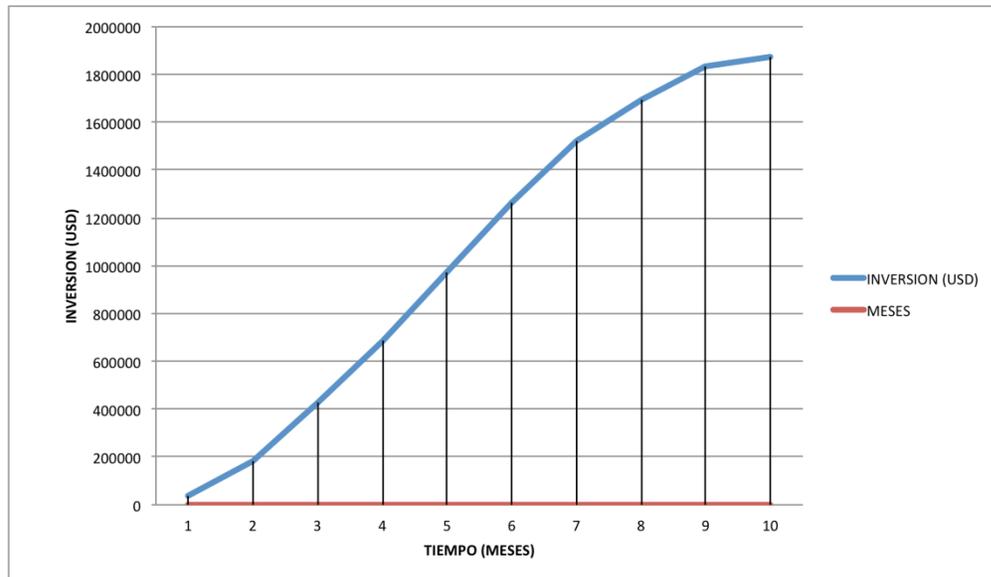
MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO																
ADMINISTRACION ZONAL QUITUMBE																
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA																
PRESUPUESTO DE OBRA																
PROYECTO: DISEÑO DEFINITIVO DE LA VIA DE BORDE AL CAMINO DE LOS INCAS UBICACION: PARROQUIAS QUITUMBE Y TURUBAMBA. TRAYECTO: TRAMO I Abscisa 0+000Km a 2+304Km y TRAMO II Abscisa 3+600 a 5+288Km ACTUALIZADO: FEBRERO 2015																
ALTERNATIVA 2: PAVIMENTO ARTICULADO CON CARPETA ADOQUINADA																
Nº	DESCRIPCION/RUBRO	UNIDAD	P. UNIT.	CANT.	PRECIO TOT.	MESES										PRECIO TOT.
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL																
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	5,29	940	4972,6	1243,15	1243,15	1243,15	1243,15						4972,6	
2	CHARLAS DE CONCIENTIZACION	U	402,72	2	805,44	402,72		402,72							805,44	
3	PUBLICACION POR LA PRENSA	U	921,82	3	2765,46		921,82		921,82						2765,46	
4	VOLANTE INFORMATIVO (INCLUYE DISTRIBUCION)	U	0,05	2500	125	125									125	
5	LICENCIA AMBIENTAL (PAGO TASAS DE REVISION, POLIZAS DE SEGUROS, GARANTIAS)	Glb	62500	1	62500		62500								62500	
6	ARBUSTOS SEMBRADOS	U	4	860	3440								1146,67	1146,67	1146,67	3440
OPERACIONES PRELIMINARES																
7	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1,31	35928	47065,68	5600	41465,68								47065,68	
8	REPLANTEO MANUAL	m2	1,68	35928	60359,04	11300	29000	20059,04							60359,04	
MOVIMIENTO DE TIERRAS																
9	EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	3,91	45010,68	175991,76			43997,94	43997,94	43997,94	43997,94				175991,7588	
10	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3.Km	0,38	54012,82	20524,87			5131,22	5131,22	5131,22	5131,22				20524,8716	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO																
11	ADOQUINADO VEHICULAR f'c=350Kg/cm2 incluye cama de arena	m2	17,18	23952	411495,36			82299,072	82299,072	82299,072	82299,072	82299,072			411495,36	
12	SUB-BASE CLASE 3, sin transporte	m3	16,64	7692	127994,88			6800	28598,72	28598,72	28598,72	6800,00	28598,72	127994,88		
13	TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO (SUB-BASE)	m3/Km	0,34	230760	78458,4			8550,00	15339,60	15339,60	15339,60	15339,60	8550,00	78458,4		
OBRAS COMPLEMENTARIAS																
14	BORDILLO DE HORMIGON SIMPLE f'c=180Kg/cm2 h=50cm 610-(1)a Especific.Mop-001-F2002 bM=20cm, bm=15cm, incluye encofrado y excavacion	m	17,32	7984	138282,88							13800,00	62241,44	62241,44	138282,88	
15	ACERA DE HORM.SIMPLE 180Kg/cm2 ESPESOR 10cm 610-(2) Especific.MOP-001-F2002,junta cada 2,5m, acabado espolvoreado mortero 1:3	m2	15,87	11976	190059,12					10000,00	9000,00	55000,00	39559,12	76500	190059,12	
SISTEMA DE ALCANTARILLADO																
16	REPLANTEO Y NIVELACION	m	1,62	4020	6512,4	2170,8		2170,8				2170,8			6512,4	
17	EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA (RETROEXCAVADORA) h= 0,0-2,75m EN TIERRA	m3	8,75	6818,03	59657,8	10000	2900	11240	11240	12138,8813	12138,8813				59657,7625	
18	RASANTEO CON MOTONIVELADORA ESP.PROM.5cm	m2	0,34	4020	1366,8			227,8	227,8	227,8	227,8	227,8			1366,8	
19	RELLENO COMPACTADO MATERIAL EXCAVADO	m3	6,35	6323,59	40154,8	4500	6300	5870,9593	5870,9593	5870,9593	5870,9593	870	5000,9593	40154,7965		
20	ENTIBADO: TABLON DE MONTE Y PINGOS altura 5m	m2	5,28	4020	21225,6		2100	4256,4	4256,4	4256,4	4256,4	4256,4		21225,6		
21	TUBERIA PVC φ=300mm	m	44,22	1540	68098,8			13619,76	13619,76	13619,76	13619,76	13619,76		68098,8		
22	TUBERIA PVC φ=360mm	m	52,44	720	37756,8			7551,36	7551,36	7551,36	7551,36	7551,36		37756,8		
23	TUBERIA PVC φ=430mm	m	61,67	160	9867,2			1973,44	1973,44	1973,44	1973,44	1973,44		9867,2		
24	TUBERIA PVC φ=450mm	m	67,78	320	21689,6			4337,92	4337,92	4337,92	4337,92	4337,92		21689,6		
25	TUBERIA PVC φ=470mm	m	76,35	800	61080			12216	12216	12216	12216	12216		61080		
26	TUBERIA PVC φ=500mm	m	85,34	160	13654,4			2730,88	2730,88	2730,88	2730,88	2730,88		13654,4		
27	TUBERIA PVC φ=520mm	m	93,59	320	29948,8			5989,76	5989,76	5989,76	5989,76	5989,76		29948,8		
28	SOBREACARRO A MANO DIST. 100m PEND.15% tierra o materiales)	m3	6,12	494,44	3025,97	340	537,19456	537,19456	537,19456	537,19456	537,19456	537,19456		3025,9728		
29	TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-Km	0,32	494,44	158,22	79,1104	79,1104							158,2208		
30	POZO DE REVISION HS.210 Kg/cm2 D=1m E=0,20m estribos c/0,35m fi=16mm, sin tapa ni cerco, encofrado metálico, incluye armadura.	m	164,21	112,75	18514,68			3702,9355	3702,9355	3702,9355	3702,9355	3702,9355		18514,6775		
31	CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISION 609(5)	u	210,52	55	11578,6			2315,72	2315,72	2315,72	2315,72	2315,72		11578,6		
SUMIDEROS DE CALZADA																
32	EXCAVACION A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES, Altura maxima 1,8m, herramienta manual, desalojo de materiales 25m.	m3	9,52	323,11	3076,01					1025,34	1025,34	1025,34		3076,0072		
33	RELLEN-COMPACTADO TIERRA ESTRUCT.MEN. Tierra producto de excavac,capas max.20cm hidratadas, vibroapisonador.	m3	6,35	312,4	1983,74					661,246667	661,246667	661,246667		1983,74		
34	TUBERIA DE PVC φ=200mm	m	42,19	831,55	35083,09					11694,36	11694,36	11694,36		35083,0945		
35	SUMIDERO: REJILLA HIERRO, TAZA Y TUB.15cm 609-(2)s Especificaciones MOP-001-F2002 incluye excavacion, tuberia 6m	u	350,69	106	37173,14					12391,0467	12391,0467	12391,0467		37173,14		
SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL																
36	LETREROS PREVENTIVOS	u	135,95	18	2447,1	2447,1									2447,1	
37	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura Acrilica, microesferas)	m	7,76	7984	61955,84							24955,84	2000	35000	61955,84	
38	CRUCE PEATONAL P1-1	u	124,35	11	1367,85								697,85	670	1367,85	
39	PARE R1-1	u	135,16	5	675,8								255,80	420,00	675,8	
40	VELOCIDAD MAXIMA	u	135,29	9	1217,61								872,61	345	1217,61	
41	SEÑAL CONTRA PARED 30X81cm Una/Doble Via	u	105,14	6	630,84								530,84	100	630,84	
TOTAL=					1874741,9										1874741,9	
TOTAL PARCIALES					=	37788,77	147077,56	243897,80	256272,449	288607,554	287607,554	261510,636	170052,746	144245,207	37681,6667	
TOTALES ACUMULADOS					=	37788,8	184866,3	428764,1	685036,6	973644,1	1261251,7	1522762,3	1692815,1	1837060,3	1874741,9	
%PARCIAL					=	2,02	7,85	13,01	13,67	15,39	15,34	13,95	9,07	7,69	2,01	
%ACUMULADO					=	2,02	9,86	22,87	36,54	51,93	67,28	81,23	90,30	97,99	100	

Nota: Cronograma valorado de todos los trabajos a ejecutarse en la construcción de la obra.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

Curva de inversión del presupuesto del pavimento adoquinado

CURVA DE INVERSION PARA EL PAVIMENTO ARTICULADO CON CARPETA ADOQUINADA



INVERSION (USD)	MESES
37788,77	1
184866,3304	2
428764,1298	3
685036,5787	4
973644,1328	5
1261251,687	6
1522762,323	7
1692815,069	8
1837060,276	9
1874741,942	10

Figura 48. La curva tiene forma de S alargada lo que indica una buena distribución de la inversión en el tiempo. Fuente: Los autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

CAPÍTULO 9

9. ANALISIS ECONOMICO- FINANCIERO.

9.1 Introducción.

El análisis financiero es una parte importante de todo proyecto, ya que este determina la cuantificación de los aspectos económicos que financian el proyecto, con el fin de conocer la factibilidad del proyecto.

El presente proyecto al encontrarse situada en la parte extrema sur de la ciudad de Quito, donde los sectores no tienen un estándar alto de economía ni alta demanda comercial, no se contempla la implantación de un peaje, por lo que no generará ingresos económicos de lucro, pero sin embargo la vía apunta obtener beneficios de tipo social para las comunidades inmersas en el proyecto con lo cual se incrementa su nivel de vida.

Una vía en buenas condiciones genera una gran cantidad de ventajas para la población beneficiaria, entre estas ventajas se encuentran ahorros económicos en repuestos, insumos y reparaciones vehiculares, los tiempos de viaje son menores, la comercialización es mayor y las relaciones intercomunitarias se incrementa considerablemente.

9.2 Tipos de Análisis

En este capítulo se va a nombrar dos tipos de análisis los cuales tienen características muy particulares así como diferencias entre sí, estos tipos son: el Análisis Económico y el Análisis Financiero.

En el siguiente cuadro se puede observar las diferencias entre estos dos tipos de análisis:

Tabla 101.

Diferencia entre el Análisis Económico y Financiero

	ANALISIS ECONOMICO	ANALISIS FINANCIERO
Método de evaluación	Análisis Beneficio/Costo	Análisis Costo/Ingreso
	Precios económicos	Precios de mercado
	Comparación de la zona de influencia con y sin proyecto	Estados financieros
Beneficiarios directos	Conductores, peatones y pasajeros	Accionistas financieros y empleados

Nota: Diferencias generales entre los dos tipos de análisis.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

9.2.1 Determinación del análisis.

Después de conocer las diferencias entre el análisis financiero y económico del proyecto se concluye que para el caso del proyecto de La vía de Borde al Camino de los Incas es necesario realizar un Análisis Socio-Económico ya que se trata de un proyecto de beneficio social que beneficiará a la comunidad en general que no brindará beneficios económicos.

Por lo tanto se realizará un análisis Socio-Económico.

Con la implementación de la Vía de Borde al Camino de los Incas, se busca satisfacer la necesidad de tener una vía alterna a la Av. Simón Bolívar, que inicia en el puente de San Martín llegando a la calle J del barrio Cebauco, la cual brinde mayor conexión entre los barrios inmersos en el proyecto así como también servirá como medida de descongestión vehicular ya sea a corto o mediano plazo. Adicionalmente esta

vía serviría de apoyo en la rehabilitación del Camino de los Incas que es considerado un patrimonio cultural.

En un proyecto de desarrollo social es necesario realizar el análisis desde el punto de vista de los principales involucrados en el proyecto, que para el caso del presente proyecto son los usuarios viales, entre los principales tenemos Peatón, Conductor y Pasajeros.

De los Peatones Conductores y Pasajeros, se va analizar principalmente el ahorro que estos tendrán en desplazamiento, tiempos de viaje y en insumos vehiculares con la implementación del proyecto vial.

A razón de esto se tiene que determinar los costos de operación vehicular, los cuales tendrán presente los siguientes escenarios:

- SIN PROYECTO
- CON PROYECTO

9.3 Cálculo de beneficios valorados

9.3.1 Ingresos

Debido a que la vía pertenece a una zona de demanda comercial como se ha mencionado anteriormente no se contempla la implantación de un peaje por lo que no generará ingresos económicos pero generará beneficios de tipo social a la comunidad beneficiaria.

Con la implementación de una vía en buenas condiciones en este sector se producirán los siguientes beneficios dados por ahorros económicos que obtendrán los usuarios en base al TPDA del proyecto.

a) Ahorros por recorrido y consumo de combustible vehicular

Los ahorros por recorrido vehicular y consumo de combustible dependen directamente del buen estado de la vía, el cual proporcionará mejores condiciones de movilización para los usuarios influyendo directamente en el ahorro de tiempo y combustible.

En este caso el recorrido vehicular es calculado en base al número de viajes que los vehículos podrían realizar una vez que el proyecto entre en etapa de operación, tomando en cuenta que un vehículo liviano recorre un promedio de 18 Km por 1gal. y que los camiones rinden entre 9 y 15Km por cada galón de consumo. Actualmente debido al mal estado en ciertos tramos de la vía y la inexistencia en otras, los vehículos livianos realizan entre 1 y 2 viajes diarios, los buses y camiones prácticamente no tienen viajes, mientras que con el proyecto los vehículos livianos realizaran hasta 6 viajes diarios , los buses 8 y los camiones 2 debido a que se abrirá un camino en buenas condiciones y que el tiempo de recorrido disminuirá entre 6 y 7 minutos por viaje lo cual facilita una mayor movilidad como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 102.

Comparación de beneficios ahorro del recorrido en los escenarios con y sin proyecto

COSTOS DE COMBUSTIBLES Y RECORRIDO VEHICULAR								
	TIPO DE VEHICULO	Tiempo de Viaje (min)	Recorrido de la vía (Km)	Galones utilizados por recorrido	Nº de viajes	Costo /Gal. (Usd)	Total (Usd)	
SIN PROYECTO	Livianos	18	3,992	0,266	1	2,1	0,559	
	Camionetas	18	3,992	0,266	2	2,1	1,118	
	Bus	22	3,992	0,347	0	1,02	0,000	
	Camiones	2D	22	3,992	0,263	0	1,02	0,000
		3A	22	3,992	0,347	0	1,02	0,000
		T3-S2	22	3,992	0,420	0	1,02	0,000
CON PROYECTO	Livianos	12	3,992	0,266	6	2,1	3,353	
	Camionetas	12	3,992	0,266	6	2,1	3,353	
	Bus	15	3,992	0,347	8	1,02	2,827	
	Camiones	2D	15	3,992	0,263	2	1,02	0,536
		3A	15	3,992	0,347	2	1,02	0,707
		T3-S2	15	3,992	0,420	2	1,02	0,858

Nota. Comparación beneficio ahorro del proyecto. Fuente Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde

Una vez determinado el tiempo de viaje y los costos por cada uno de ellos se procede a calcular el ahorro total al año por recorrido vehicular como lo muestra la siguiente Tabla

Tabla 103.
Beneficios valorados al año

AHORRO POR RECORRIDO VEHICULAR AL AÑO					
TIPO DE VEHICULO		Ganancia por cada vehículo al día (Usd)	Ganancia por cada vehículo al año (Usd)	Número de vehículos beneficiados (Usd)	Total de ahorro al año (Usd)
Livianos		2,794	1019,956	139	141773,88
Camionetas		2,236	815,9648	36	29374,73
Bus		2,827	1032,032279	50	51601,61
Camiones	2D	0,536	195,5867626	66	12908,73
	3A	0,707	258,0080698	14	3612,11
	T3-S2	0,858	312,998269	10	3129,98
				Total=	242401,05

Nota: Valores de beneficios anuales por cada tipo de vehículo.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Una vez analizado la tabla se observa que el proyecto al año de operación producirá un ahorro de 242.401,05 dólares en combustible.

b) Ahorros por cambios de lubricantes

El cambio de Aceite en los vehículos se realizan en base al recorrido que estos realicen, generalmente en vehículos livianos se lo realiza cada 5000km y en camiones cada 15000 Km; adicionalmente debido a que el tiempo de viaje tendrá una disminución entre 7 y 8 min una vez que el proyecto se encuentre en etapa operación, se considera que esto generara menor recorrido ya que la velocidad será igual en ambos casos pero el tiempo de viaje es menor dando como resultado una disminución del recorrido y por ende se generara menos cambios de aceite, como se muestra a continuación:

Tabla 104.

Comparación de los costos de cambio de aceite con y sin proyecto

COSTOS POR CAMBIO DE ACEITE							
	TIPO DE VEHICULO	Recorrido de la vía (Km)	Kilometros recorridos al año	Nº de cambios de aceite	Precio ppor cambio (USD)	Total (USD)	
SIN PROYECTO	Livianos	3,992	1457,08	0,291	31,125	9,07	
	Camionetas	3,992	1457,08	0,291	41,5	12,09	
	Bus	3,992	1457,08	0,097	273,03	26,52	
	Camiones	2D	3,992	1457,08	0,097	191,12	18,56
		3A	3,992	1457,08	0,097	245,72	23,87
		T3-S2	3,992	1457,08	0,097	300,33	29,17
CON PROYECTO	Livianos	2,66	970,90	0,194	31,125	6,04	
	Camionetas	2,66	970,90	0,194	41,5	8,06	
	Bus	2,722	993,46	0,066	273,026316	18,08	
	Camiones	2D	2,722	993,46	0,066	191,118421	12,66
		3A	2,722	993,46	0,066	245,723684	16,27
		T3-S2	2,722	993,46	0,066	300,328947	19,89

Nota: Costos producidos por cambio de aceite con y sin proyecto.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Siguiendo con el proceso ahora se determina el ahorro total al año que se va a generar por cambios de aceite como se indica a continuación:

Tabla 105.

Beneficios valorados al año por cambios de aceite

Ahorro de cambio de aceite por año				
Tipo de vehículo	Ahorro por cada vehículo al año (Usd)	Número de vehículos beneficiados (Usd)	Total de ahorro al año (Usd)	
Livianos	3,0264705	139	420,68	
Camionetas	4,035294	36	145,27	
Bus	8,44	50	421,93	
Camiones	2D	5,91	66	389,86
	3A	7,59	14	106,33
	T3-S2	9,28	10	92,82
			1576,90	

Nota: Valores de beneficios anuales por cada tipo de vehículo.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De la tabla se observa que el ahorro anual por cambios de aceite es de 1576,90 dólares

c) Ahorros por cambio de neumáticos

El cambio de neumáticos en un vehículo igualmente se determina por el recorrido que éste haya realizado por lo tanto al existir un menor tiempo de viaje como se ha

mencionado anteriormente al tener menor recorrido pues existirá menor desgaste de los neumáticos y por ende menor cambio de los mismos.

En los vehículos livianos generalmente se realiza el cambio cada 35000 km mientras que en vehículos pesados cada 50000 aproximadamente. A continuación se indica el análisis:

Tabla 106.

Beneficios valorados con y sin proyecto

COSTOS POR CAMBIO DE NEUMATICOS										
	TIPO DE VEHICULO	Recorrido de la vía (Km)	Kilometros recorridos al año	Nº de cambios de neumáticos	Nº de vehiculos	Precio por c/neumático	Nº de neumáticos por vehículo	Sub-Total (Usd)	Total (Usd)	Ahorro-Ganancia (Usd)
SIN PROYECTO	Livianos	3,992	1457,08	0,042	139	107,5	4	2488,276	19087,681	6134,630
	Camionetas	3,992	1457,08	0,042	36	245	4	1468,737		
	Bus	3,992	1457,08	0,029	50	545	6	4764,652		
	2D	3,992	1457,08	0,029	66	497	6	5735,417		
	3A	3,992	1457,08	0,029	14	545	10	2223,504		
	T3-S2	3,992	1457,08	0,029	10	590	14	2407,096		
CON PROYECTO	Livianos	2,66	970,9	0,028	139	107,5	4	1658,020	12953,052	6134,630
	Camionetas	2,66	970,9	0,028	36	245	4	978,667		
	Bus	2,722	993,46	0,020	50	545	6	3248,626		
	2D	2,722	993,46	0,020	66	497	6	3910,511		
	3A	2,722	993,46	0,020	14	545	10	1516,026		
	T3-S2	2,722	993,46	0,020	10	590	14	1641,202		

Nota: Valores anuales por cada tipo de vehículo y ahorro total al año por cambio de neumáticos

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

De la tabla se observa que el ahorro en el año por cambio de neumáticos es de 6.134,63 dólares.

d) Ahorro por cambio de amortiguadores

Los amortiguadores generalmente se cambian en función del recorrido del vehículo sin embargo adicionalmente este caso al tener una vía en muy mal estado con baches y huecos los amortiguadores disminuyen su vida útil a diferencia de un trabajo normal.

Tomando en cuenta la disminución del recorrido por la disminución del tiempo de recorrido, con la implementación del proyecto se obtendrán beneficios por disminución en el cambio de amortiguadores constantemente los mismos que se los cambian aproximadamente a los 45000 km. A continuación se indica el análisis respectivo:

Tabla 107.

Beneficios valorados al año con y sin proyecto por cambio de amortiguadores

COSTOS DE CAMBIO DE AMORTIGUADORES AL AÑO										
	TIPO DE VEHICULO	Recorrido de la vía (Km)	Kilómetros recorridos al año	Nº de cambios de amortiguadores	Nº de vehículos	Precio de cada amortiguador	Nº de amortiguadores por vehículo	Sub-Total (Usd)	Total (Usd)	Ahorro - Ganancia (Usd)
SIN PROYECTO	Livianos	3,992	1457,08	0,032	139	55	4	990,167	6718,233	2159,209
	Camionetas	3,992	1457,08	0,032	36	90	4	419,639		
	Bus	3,992	1457,08	0,032	50	175,75	6	1707,212		
	2D	3,992	1457,08	0,032	66	142,8	6	1831,025		
	3A	3,992	1457,08	0,032	14	176	10	797,832		
	T3-S2	3,992	1457,08	0,032	10	214,5	14	972,358		
CON PROYECTO	Livianos	2,66	970,9	0,022	139	55	4	659,780	4559,024	
	Camionetas	2,66	970,9	0,022	36	90	4	279,619		
	Bus	2,722	993,53	0,022	50	175,75	6	1164,086		
	2D	2,722	993,53	0,022	66	142,8	6	1248,510		
	3A	2,722	993,53	0,022	14	176	10	544,013		
	T3-S2	2,722	993,53	0,022	10	214,5	14	663,016		

Nota: Valores anuales por cada tipo de vehículo y ahorro total al año por cambio de amortiguadores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Una vez realizado el análisis se observa que por concepto de amortiguadores se tiene un ahorro de 2.159,21 dólares.

e) Ahorro por cambio de zapatas

Al igual que los otros insumos de mantenimiento vehicular las zapatas de frenos para su cambio depende del recorrido realizado por el vehículo, y como se ha disminuido el tiempo de viaje pues se tendrá menor recorrido y por ende menor cambio de estos repuestos.

Aproximadamente los cambios de zapatas en vehículos se realizan cada 30000 km y el análisis se detalla a continuación:

Tabla 108.

Beneficios valorados al año con y sin proyecto por cambio de zapatas

COSTOS DE CAMBIO DE ZAPATAS AL AÑO										
	TIPO DE VEHICULO	Recorrido de la vía (Km)	Kilómetros recorridos al año	Nº de cambios de zapatas	Nº de vehículos	Precio de cada zapata (Usd)	Nº de zapatas por vehículo	Sub-Total (Usd)	Total (Usd)	Ahorro - Ganancia (Usd)
SIN PROYECTO	Livianos	3,992	1457,08	0,049	139	27	4	729,123	4998,037	1606,341
	Camionetas	3,992	1457,08	0,049	36	44	4	307,735		
	Bus	3,992	1457,08	0,049	50	87	6	1267,660		
	2D	3,992	1457,08	0,049	66	75,7	6	1455,973		
	3A	3,992	1457,08	0,049	14	87	10	591,574		
	T3-S2	3,992	1457,08	0,049	10	95	14	645,972		
CON PROYECTO	Livianos	2,66	970,90	0,032	139	27	4	485,838	3391,696	
	Camionetas	2,66	970,90	0,032	36	44	4	205,054		
	Bus	2,722	993,46	0,033	50	87	6	864,313		
	2D	2,722	993,46	0,033	66	75,7	6	992,709		
	3A	2,722	993,46	0,033	14	87	10	403,346		
	T3-S2	2,722	993,46	0,033	10	95	14	440,436		

Nota: Valores anuales por cada tipo de vehículo y ahorro total al año por cambio de amortiguadores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Realizado el análisis se observa que por concepto de cambio de zapatas se tiene un ahorro de 1.606,34 dólares.

Una vez analizados los beneficios directos que producirá el proyecto tanto por costos de operación vehicular y de mantenimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 109.

Beneficios valorados totales en el año

Ahorros-beneficios al año	
Recursos	Valor (Usd)
Costos de Operación (combustibles y aceites)	243977,95
Mantenimiento Vehicular (Neumáticos, amortiguadores y zapatas)	9900,18
Total=	253878,13

Nota: Valores totales anuales de beneficios – ahorro por el proyecto.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Como se observa en la tabla se tiene un ahorro total de 253.878,13 dólares al año por la construcción de la vía.

9.4 Evaluación económica financiera

En la evaluación económica y financiera interviene los ingresos, que en este caso se dan por los beneficios- ahorros los cuales son: costos de operación y mantenimiento vehicular. Así mismo se tendrán egresos dados por el mantenimiento anual de la vía. La proyección adoptada es la vida útil del proyecto que en este caso es de 20 años.

Tabla 110.

Beneficios valorados para una proyección de 20 años

BENEFICIOS VALORADOS - AHORROS TOTALES CON UNA PROYECCION A 20 AÑOS																			
Años	Livianos	Camionetas	Bus	2D	3A	T3-S2	Costos de operación						Mantenimiento vehicular						Ahorro . Beneficio total (Usd)
							Livianos	Camionetas	Bus	2D	3A	T3-S2	Livianos	Camionetas	Bus	2D	3A	T3-S2	
0	135	35	48	64	14	10													
1	139	36	50	66	14	10	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	253878,13
2	144	37	51	67	14	11	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	261668,97
3	153	40	53	72	15	11	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	277239,87
4	160	41	55	74	16	12	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	288779,30
5	167	43	57	77	17	12	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	300953,71
6	174	45	59	80	17	13	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	313230,76
7	182	47	61	84	18	13	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	326683,24
8	190	49	63	87	19	14	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	340341,09
9	198	51	65	91	19	14	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	353445,86
10	207	54	67	94	20	15	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	368977,15
11	216	56	70	98	21	16	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	385002,79
12	225	58	72	102	22	16	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	399488,35
13	235	61	75	106	23	17	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	417387,43
14	245	63	77	110	24	18	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	433356,44
15	256	66	80	115	25	18	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	452083,23
16	267	69	83	119	26	19	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	471015,39
17	279	72	86	124	27	20	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	491225,63
18	291	75	89	129	28	21	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	511435,86
19	303	79	92	134	29	21	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	532036,09
20	317	82	95	139	30	22	1022,98	820,00	1040,47	201,49	265,60	322,28	10,10	20,35	49,25	43,50	82,11	128,08	554312,49

Nota: Valores totales anuales de beneficios – ahorro por el proyecto con tipos de vehículos...

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Para la evaluación se considera también los costos de mantenimiento vial para las dos alternativas de pavimentos asfaltado y adoquinado como se indica a continuación:

9.4.1 Egresos

Como egresos en este proyecto se considera el mantenimiento vial.

9.4.1.1 Mantenimiento vial

El mantenimiento vial es el conjunto de actividades y trabajos que se realizan cada cierto periodo con el fin de mantener la vía en óptimas condiciones evitando así el deterioro prematuro de la vía.

- Pavimento asfaltado

Tabla 111.

Presupuesto anual para el mantenimiento vial del pavimento flexible

PRESUPUESTO ANUAL PARA EL MANTENIMIENTO VIAL EN PAVIMENTO FLEXIBLE						
Nº	Rubros	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Nº veces	Precio total
	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO ASFALTADO					
47	Limpieza de sumidero y tubería	u	106	10,34	1	1096,04
48	Limpieza pozos de revision	u	55	15,15	1	833,25
49	Bacheo	m2	47,85	224,17	1	10726,5345
50	Tratamiento superficial slurry	m2	11976	2,24	1	26826,24
						Total= 39482,0645

Nota: Detalle de los trabajos a realizarse para el mantenimiento vial.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

Como se trata de un pavimento flexible asfaltado se lo ha diseñado en 2 etapas, o sea, que el décimo año se realizara un sobre capeo lo cual tendrá un presupuesto de mantenimiento diferente en este año.

Tabla 112.

Presupuesto de mantenimiento vial para el decimo año del pavimento flexible

PRESUPUESTO PARA EL MANTENIMIENTO VIAL EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL DECIMO AÑO						
Nº	Rubros	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Nº veces	Precio total
	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO ASFALTADO					
47	Limpieza de sumidero y tubería	u	106	10,34	1	1096,04
48	Limpieza pozos de revision	u	55	15,15	1	833,25
51	Asfalto diluido Rc para riego adherencia en recapeo e=2,5cm	lt	23952	0,61	1	14610,72
50	Tratamiento superficial slurry	m2	11976	2,22	1	26586,72
Total=						43126,73

Nota: Detalle de los trabajos a realizarse para el mantenimiento vial.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

- **Pavimento adoquinado**

Tabla 113.

Presupuesto anual para el mantenimiento vial del pavimento adoquinado

PRESUPUESTO ANUAL PARA EL MANTENIMIENTO VIAL EN PAVIMENTO ADOQUINADO						
Nº	Rubros	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Nº veces	Precio total
	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO ADOQUINADO					
42	Limpieza de sumidero y tubería	u	106	10,34	1	1096,04
43	Limpieza pozos de revision	u	55	15,15	1	833,25
44	Levantamiento de adoquines en mal estado	m2	240	1,12	1	268,8
45	Reposicion de adoquines en mal estado	m2	240	16,02	1	3844,8
Total=						6042,89

Nota: Detalle de los trabajos a realizarse para el mantenimiento vial.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

9.5 Parámetros utilizados para determinar la viabilidad del proyecto.

Los parámetros que se utilizan para determinar si un proyecto es o no viable son el valor actual neto (VAN), la Tasa interna de retorno (TIR) y el Beneficio/Costo los cuales se detallarán a continuación:

9.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor actual neto es también conocido como el valor presente neto el cual es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

Para el cálculo del VAN es necesario tener el flujo de caja que involucra el flujo de ingresos, egresos y de efectivo neto.

El resultado que se obtenga del valor actual neto determina si un proyecto se debe aceptar o rechazar, porque es resultado determinará que tan viable es el proyecto. Entre las alternativas que pueden presentarse tenemos los siguientes:

1. Si: $VAN > 0$; La inversión producirá una ganancia por encima de la rentabilidad exigida, el proyecto debe aceptarse.
2. Si: $VAN < 0$; La inversión producirá ganancias por debajo de la rentabilidad exigida, el proyecto deberá rechazarse.
3. Si: $VAN = 0$; La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas.

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

V_t = Representa el flujo de caja

I₀ = Es el valor de la inversión inicial

n = Es el número de periodos

k = Tasa de interés

Con esta fórmula se procede a hacer el cálculo del VAN ya sea de forma manual o utilizando el programa Excel, en este caso se realiza utilizando el programa Excel.

9.5.1.1 Cálculo del VAN

En este proyecto se presentan dos alternativas de diseño (asfaltado y adoquinado) por lo que se van a realizar dos cálculos del VAN, uno por alternativa:

a) Cálculo del VAN para el pavimento flexible (asfaltado)

A continuación se procede a realizar el cálculo del VAN para lo cual se presenta el flujo de caja en la siguiente tabla:

Tabla 114.

Flujo de caja para el cálculo del valor actual neto (VAN) en asfaltado

FLUJO DE CAJA						
AÑO	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA $(1+i)^{-n}$	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
0		1884491	-1884491	1	0	1884491
1	253878,131	39482,06	214396,07	0,892857	226676,90	35251,84
2	261668,967	39482,06	222186,90	0,797194	208600,90	31474,86
3	277239,874	39482,06	237757,81	0,711780	197333,87	28102,55
4	288779,297	39482,06	249297,23	0,635518	183524,46	25091,57
5	300953,706	39482,06	261471,64	0,567427	170769,22	22403,18
6	313230,761	39482,06	273748,70	0,506631	158692,45	20002,84
7	326683,242	39482,06	287201,18	0,452349	147774,91	17859,68
8	340341,092	39482,06	300859,03	0,403883	137458,06	15946,14
9	353445,861	39482,06	313963,80	0,360610	127456,12	14237,63
10	368977,148	43126,73	325850,42	0,321973	118800,77	13885,65
11	385002,79	39482,06	345520,73	0,287476	110679,10	11350,15
12	399488,354	39482,06	360006,29	0,256675	102538,71	10134,06
13	417387,433	39482,06	377905,37	0,229174	95654,43	9048,27
14	433356,437	39482,06	393874,37	0,204620	88673,31	8078,81
15	452083,231	39482,06	412601,17	0,182696	82593,92	7213,23
16	471015,393	39482,06	431533,33	0,163122	76832,81	6440,38
17	491225,628	39482,06	451743,56	0,145644	71544,23	5750,34
18	511435,862	39482,06	471953,80	0,130040	66506,91	5134,23
19	532036,093	39482,06	492554,03	0,116107	61773,00	4584,14
20	554312,492	39482,06	514830,43	0,103667	57463,78	4092,98
TOTAL=	7732541,79	2677776,96	5054764,84		2491347,86	2180573,54

VAN= \$ 310.774,32

Nota: Análisis del VAN para pavimento flexible. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

a) Cálculo del VAN para el pavimento articulado (adoquinado)

Tabla 115.

Flujo de caja para el cálculo del valor actual neto (VAN) en adoquinado

AÑO	INGRESOS (A)	EGRESOS (B)	FLUJO DE EFECTIVO (A-B)	TASA (1+i) ⁻ⁿ (C)	INGRESOS ACTUALIZADOS (A*C)	EGRESOS ACTUALIZADOS (B*C)
0		1874741,94	-1874741,94	1	0	1874741,94
1	253878,131	6042,89	247835,24	0,892857	226676,90	5395,44
2	261668,967	6042,89	255626,08	0,797194	208600,90	4817,35
3	277239,874	6042,89	271196,98	0,711780	197333,87	4301,21
4	288779,297	6042,89	282736,41	0,635518	183524,46	3840,37
5	300953,706	6042,89	294910,82	0,567427	170769,22	3428,90
6	313230,761	6042,89	307187,87	0,506631	158692,45	3061,52
7	326683,242	6042,89	320640,35	0,452349	147774,91	2733,50
8	340341,092	6042,89	334298,20	0,403883	137458,06	2440,62
9	353445,861	6042,89	347402,97	0,360610	127456,12	2179,13
10	368977,148	6042,89	362934,26	0,321973	118800,77	1945,65
11	385002,79	6042,89	378959,90	0,287476	110679,10	1737,19
12	399488,354	6042,89	393445,46	0,256675	102538,71	1551,06
13	417387,433	6042,89	411344,54	0,229174	95654,43	1384,87
14	433356,437	6042,89	427313,55	0,204620	88673,31	1236,50
15	452083,231	6042,89	446040,34	0,182696	82593,92	1104,01
16	471015,393	6042,89	464972,50	0,163122	76832,81	985,73
17	491225,628	6042,89	485182,74	0,145644	71544,23	880,11
18	511435,862	6042,89	505392,97	0,130040	66506,91	785,81
19	532036,093	6042,89	525993,20	0,116107	61773,00	701,62
20	554312,492	6042,89	548269,60	0,103667	57463,78	626,45
TOTAL=	7732541,79	1995599,74	5736942,05		2491347,86	1919878,966

VAN= \$ 571.468,89

Nota: Análisis del VAN para pavimento articulado. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

9.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno conocida también como tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que podría ser una oportunidad para reinvertir nuevamente.

A mayor TIR mayor es la rentabilidad de la inversión, siendo de esta forma un indicador de rentabilidad de un proyecto, es por eso que a través del TIR se puede aceptar o rechazar un proyecto.

A continuación se procede a realizar el cálculo para las dos alternativas del proyecto, los cuales derivan del flujo de caja Tabla 114

a) Cálculo del TIR para el pavimento flexible (asfaltado)

El TIR se lo calcula mediante el programa Excel con la función TIR donde se toma la columna flujo de efectivo de la tabla 99

Tabla 116.

Calculo del TIR para pavimento flexible.

AÑO	INGRESOS (A)	EGRESOS (B)	FLUJO DE EFECTIVO (A-B)
0		1884491	-1884491
1	253878,1305	39482,06	214396,07
2	261668,9667	39482,06	222186,90
3	277239,8739	39482,06	237757,81
4	288779,2971	39482,06	249297,23
5	300953,7061	39482,06	261471,64
6	313230,7613	39482,06	273748,70

7	326683,242	39482,06	287201,18
8	340341,0918	39482,06	300859,03
9	353445,8606	39482,06	313963,80
10	368977,1479	43126,73	325850,42
11	385002,7902	39482,06	345520,73
12	399488,3535	39482,06	360006,29
13	417387,4334	39482,06	377905,37
14	433356,4375	39482,06	393874,37
15	452083,2309	39482,06	412601,17
16	471015,3934	39482,06	431533,33
17	491225,6275	39482,06	451743,56
18	511435,8617	39482,06	471953,80
19	532036,0926	39482,06	492554,03
20	554312,4921	39482,06	514830,43
TOTAL=	7732541,791	2677776,956	5054764,84
TIR=		14%	

Nota: Cálculo del TIR para pavimento flexible. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

b) Cálculo del TIR para el pavimento articulado (adoquinado)

Tabla 117.

Cálculo del TIR para adoquinado

AÑO	INGRESOS (A)	EGRESOS (B)	FLUJO DE EFECTIVO (A-B)
0		1874741,94	-1874741,94
1	253878,1305	6042,89	247835,24
2	261668,9667	6042,89	255626,08
3	277239,8739	6042,89	271196,98
4	288779,2971	6042,89	282736,41
5	300953,7061	6042,89	294910,82
6	313230,7613	6042,89	307187,87
7	326683,242	6042,89	320640,35
8	340341,0918	6042,89	334298,20
9	353445,8606	6042,89	347402,97
10	368977,1479	6042,89	362934,26
11	385002,7902	6042,89	378959,90
12	399488,3535	6042,89	393445,46
13	417387,4334	6042,89	411344,54
14	433356,4375	6042,89	427313,55
15	452083,2309	6042,89	446040,34
16	471015,3934	6042,89	464972,50
17	491225,6275	6042,89	485182,74
18	511435,8617	6042,89	505392,97
19	532036,0926	6042,89	525993,20
20	554312,4921	6042,89	548269,60
TOTAL=	7732541,791	1995599,74	5736942,05
TIR=	16%		

Nota: Cálculo del TIR para pavimento articulado. Fuente: Autores.

Elaborado por: Cristian Aucanshala, Israel Carvajal y Marco Valverde.

9.5.3 Análisis de Costo- Beneficio (B/C)

El análisis costo beneficio es una técnica que permite valorar inversiones permitiendo de esta manera ver los beneficios que se obtendría por cada dólar invertido.

De acuerdo a los resultados que se obtenga de este análisis se pueden determinar las siguientes conclusiones:

Si: $B/C > 0$; el proyecto debe aceptarse.

Si: $B/C < 0$; el proyecto debe rechazarse.

a) Cálculo del B/C para el pavimento flexible (asfaltado)

Este cálculo se realiza dividiendo la sumatoria de los ingresos actualizados para los egresos actualizados de la tabla 114

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{Ingresos actualizados}}{\sum \text{Egresos actualizados}}$$

$$B/C = 2491347,86 / 2180573,54$$

B/C=	1,14	>	0
------	------	---	---

Realizado el cálculo se observa que el resultado es positivo ya que por cada dólar invertido se tendrá 14 centavos de ahorro.

a) Calculo del B/C para el pavimento articulado (adoquinado)

Este cálculo se realiza dividiendo la sumatoria de los ingresos actualizados para los egresos actualizados de la tabla 115

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \text{Ingresos actualizados}}{\sum \text{Egresos actualizados}}$$

$$B/C = 2'491.347,86 / 1'919.878,96$$

B/C=	1,30	>	0
------	------	---	---

Se observa que el resultado es positivo ya que por cada dólar invertido se tendrá 30 centavos de ahorro.

Por lo analizado los indicadores VAN, TIR y B/C han arrojado resultados positivos lo cual hace que este proyecto sea viable de construir por los ahorros que generará a los usuarios tanto por costos de operación y mantenimiento vehicular.

CONCLUSIONES

- Teniendo como condicionante que la vía en estudio debe situarse lo más alejado posible del eje del camino de los incas, considerado como un patrimonio cultural, y por el otro lado la existencia de construcciones informales, se determina diseñar una sección de vía de 9,20 metros de ancho el cual se encuentra adyacente a las construcciones existentes.
- El terreno donde se implantará la vía al tener un relieve ondulado a plano y encontrarse en la parte alta del sector no corre el riesgo de sufrir deslizamientos ni mayores problemas de drenaje lo cual reduce la probabilidad de problemas de saturación del suelo y por ende mayor conservación de las capas estructurales.
- Debido a la diferencia de CBR existente en el lugar de implantación, el trayecto de la vía se divide en 2 tramos, el primero con CBR=11,4% y el segundo con CBR=8,4%, razón por la cual el espesor de las capas estructurales en el primer tramo son menores que las del segundo.
- Por tratarse de una vía alterna a la Av. Simón Bolívar ubicada en una zona poblada, todos los parámetros de diseño geométrico se enmarcan a la velocidad de diseño de 50Km/h. Y así mismo por su bajo número de ESALS y TPDA presentados en el estudio, no se considera necesario realizar el mejoramiento del suelo.
- Una vez determinado y analizado los indicadores económicos como son: Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el análisis Costo beneficio (B/C) los cuales arrojan resultados positivos de la inversión, se determina que el proyecto es viable de construir.
- El presupuesto de la alternativa de asfaltado es menor que la alternativa de adoquinado, sin embargo para gastos de mantenimiento sucede lo contrario y tomando en consideración el análisis de rentabilidad es más viable realizar el diseño adoquinado por tener mayores ventajas económicas.

RECOMENDACIONES

- Debido a las exigencias del INPC (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural) por proteger el Camino de los Incas e impedir la acelerada expansión de los asentamientos y construcciones informales, se recomienda realizar la ejecución de la obra lo más pronto posible, ya que con esto se evitará invasiones posteriores lo cual podría generar mayores complicaciones para la construcción en un futuro.
- Desde el punto de vista arquitectónico, con el fin de preservar las características acordes al Camino de los Incas, sería recomendable construir la vía mediante la alternativa del adoquinado, lo que sería acorde a la finalidad buscada por el INPC.
- Teniendo la característica que la vía presenta dos tramos, se podría avanzar la obra por los dos frentes, ya que esto permitirá avanzar la construcción del proyecto en menor cantidad de tiempo y optimizar la mano de obra.
- Por razones estratégicas se recomienda realizar previas charlas de concientización a la comunidad, ya que esto permitirá obtener el apoyo de la población y por ende el buen desempeño de los trabajos.

LISTA DE REFERENCIAS

- American Association of State and Transportation Highway Officials, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.
- Instituto Geográfico militar, Carta topográfica Amaguaña, Quito-Ecuador 2009
- INEC, VII Censo de población y VI vivienda, 2010
- INAMHI, Anuarios Meteorológicos, Publicación 1964-1989, Cálculo de intensidades de lluvia para el diseño de obras de drenaje.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Mapa de riesgo sísmico en el Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Publicas MTOP, Normas de Diseño de carreteras, 2003
- Universidad Politécnica Salesiana, Apuntes de clases de geología y geotecnia, 2012
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Mapas de Quito, 2012
- Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, Normas de diseño de sistemas d alcantarillado
- Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Estudio de suelos, 20013
- Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador INIGEM, Mapa Geológico Quito- Machachi.
- Instituto geofísico de Escuela Politécnica Nacional, Carta de amenazas volcánicas de la ciudad de Quito
- Ministerio de Transporte y Obras Publica, especificaciones generales para la construcción de camino y Puentes, Quito ecuador.
- INEN, Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN, Señalización vial, señalización horizontal.
- Instituto del Asfalto, Manual centroamericano para el diseño de pavimento (MS-1), 1991
- Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Publicas quito EMMOP-Q, Plan Maestro de Movilidad para el distrito metropolitano de Quito 2009-2025, Quito-Ecuador

- T.A.M.S-ASTEC, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y de caminos vecinales, Quito Ecuador,2003
- Apuntes dictados en la Universidad Politécnica Salesiana por distintos autores, Hidrología, Pavimentos, Geología, Evaluación económica, Formulación de Proyectos.