

**ANÁLISIS A LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE  
SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO  
INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN**

**INFORME FASE 2**

**C. DISEÑO VIAL**

*INDICE*

	<i>Página</i>
1. ANTECEDENTES Y ENFOQUE DEL ESTUDIO .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 ENFOQUE .....	1
1.3 PRINCIPALES CONCEPTOS DE DISEÑO VIAL .....	2
1.3.1 Normas de Diseño Geométrico.....	3
1.3.2 Clase de Carretera .....	4
1.3.3 Velocidad de Diseño .....	5
1.3.4 Radio Mínimo de Curvas Horizontales .....	5
1.3.5 Pendientes Máximas y Mínimas.....	5
1.3.6 Determinación de las Curvas Verticales.....	5
1.3.7 Dimensionamiento Vial.....	6
1.3.8 Niveles de Diseño.....	7
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE INGENIERÍA VIAL.....	10
3. DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA PROPUESTA .....	11
3.1 SISTEMA ANLAR.....	11
3.2 ESCALONES RADIALES METROPOLITANOS .....	11
4. HIDROLOGÍA .....	14
4.1 ESTUDIO HIDROLOGICO .....	14
4.1.1 Introducción.....	14
4.1.2 Recopilación y análisis preliminar de datos .....	16
4.2 CURVAS Y ECUACIONES PLUVIOMÉTRICAS .....	20
4.3 ESTUDIO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS .....	20
4.3.1 Zonas de vida por las que atraviesan las alternativas propuestas .....	21
4.3.2 Determinación de los coeficientes de escorrentía y números de curva.....	22
4.3.3 Delimitación y cálculo de las Cuencas de Drenaje.....	23
4.4 INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN Y CÁLCULO DE CAUDALES DE CRECIDA .....	23

<b>5.</b>	<b>ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS .....</b>	<b>24</b>
5.1	GEOLOGÍA REGIONAL .....	24
5.2	LITOLOGÍAS .....	25
5.2.1	Volcánicos Guayllabamba (Pleistoceno) [P <sub>B</sub> ] .....	25
5.2.2	Sedimentos Chichi (Pleistoceno) [P <sub>CH</sub> ] .....	25
5.2.3	Formación Cangahua (Pleistoceno Superior y Holoceno) [Q <sub>C</sub> ].....	25
5.2.4	Depósitos Laharíticos (Holoceno) [Ih] .....	26
5.2.5	Depósitos Coluviales (Holoceno) [ C ].....	26
5.2.6	Depósitos Coluvio-Aluviales (Holoceno) [ c + a ] .....	26
5.2.7	Depósitos Aluviales (Holoceno) [ a ] .....	26
5.2.8	Sectores Deslizados [ A, P ].....	26
5.3	GEOMORFOLOGÍA .....	27
5.4	MORFOLOGÍA DE LOS CALLEJONES DE LOS ACCESOS. ....	27
5.4.1	Procesos Erosivos.....	28
5.5	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	28
5.5.1	Fallas geológicas .....	29
5.6	SISMICIDAD .....	30
5.6.1	Datos obtenidos .....	31
5.6.2	Rangos de magnitudes.....	32
5.7	ESTRUCTURAS SISMO-TECTÓNICAS .....	33
5.8	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DE LOS CALLEJONES DE LOS ACCESOS AL NAIQ .....	41
5.8.1	Acceso Sur.....	41
5.8.2	Acceso Zámbriza .....	46
5.8.3	Acceso Norte .....	48
5.9	ASPECTOS GEOTÉCNICOS RELACIONADOS CON LOS ACCESOS.....	51
5.9.1	Características de los depósitos .....	51
5.10	TALUDES DE CORTE, BERMAS Y OBRAS DE PROTECCIÓN SUGERIDAS.....	55
5.11	FUENTES DE MATERIALES .....	58
5.11.1	Descripción General .....	58
<b>6.</b>	<b>TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO .....</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE LA VÍA .....</b>	<b>62</b>
7.1	CRITERIOS DE DISEÑO .....	62
7.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO .....	62
7.3	NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	63
7.4	VELOCIDAD DIRECTRIZ.....	63
7.5	RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES .....	65
7.6	PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS .....	65
7.6.1	Determinación de las curvas verticales.....	65
7.7	SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS .....	66

	7.7.1 Alternativa Sur .....	66
	7.7.2 ALTERNATIVA ZÁMBIZA.....	67
	7.7.3 ALTERNATIVA NORTE.....	70
	7.7.4 Ampliación Panamericana Norte.....	70
	7.7.5 SECCIONES PASOS TÍPICOS.....	72
	7.8 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PLANIALTIMÉTRICAS DE DISEÑO .....	79
	7.8.1 Alternativa Sur .....	79
	7.8.2 Alternativa Zámbezica .....	81
	7.8.3 Alternativa Norte.....	84
<b>8.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE INTERCAMBIADORES Y PASOS TÍPICOS .....</b>	<b>96</b>
	8.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	96
	8.1.1 Tráfico .....	96
	8.1.2 Topografía .....	96
	8.1.3 Seguridad.....	96
	8.2 NORMAS DE DISEÑO.....	97
	8.2.1 Alineamiento horizontal .....	97
	8.2.2 Alineamiento Vertical .....	98
	8.2.3 Peraltes .....	99
	8.2.4 Secciones Transversales .....	99
	8.2.5 Terminales de Ramales o Lazos .....	100
	8.2.6 Tipos de intercambiadores considerados .....	100
<b>9.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE PAVIMENTO .....</b>	<b>104</b>
	9.1 GENERALIDADES.....	104
	9.2 CONSIDERACIONES PREVIAS .....	104
	9.3 RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE.....	104
<b>10.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE OBRAS DE DRENAJE MENOR.....</b>	<b>106</b>
	10.1 DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ALCANTARILLAS .....	106
	10.1.1 Dimensionamiento de las alcantarillas .....	106
	10.1.2 Dimensionamiento y Diseño Pre-Preliminar de Alcantarillas en rellenos Altos en la Vía y Zonas de depósito.....	107
	10.2 DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE DRENAJE.....	108
	10.2.1 Introducción.....	108
	10.2.2 Principales elementos del Drenaje Superficial .....	108
	10.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DE DRENAJE DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS.....	112
	10.3.1 Alternativa Norte.....	112
	10.3.2 Alternativa Sur .....	113
	10.3.3 Alternativa Zámbezica .....	114
<b>11.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS ESPECIALES, PUENTES Y OTRO TIPO DE ESTRUCTURAS.....</b>	<b>115</b>

<b>12.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.....</b>	<b>116</b>
12.1	INTRODUCCIÓN.....	116
12.1.1	Dispositivos de control de tráfico.....	116
12.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	117
12.2.1	Señales de Reglamentación.....	117
12.2.2	Señales de Prevención.....	118
12.2.3	Señales de Información.....	119
12.2.4	Ubicación.....	120
12.2.5	Puentes para Señales.....	120
12.2.6	Materiales.....	120
12.3	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	120
12.3.1	Tipos y color.....	121
12.3.2	Materiales.....	122
12.4	MARCAS DE PAVIMENTO SOBRESALIENTES (MPS).....	122
12.5	DELINEADORES DE PELIGRO.....	123
12.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	123
<b>13.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ILUMINACIÓN DE INTERCAMBIADORES.....</b>	<b>124</b>
13.1	ALCANCE.....	124
13.2	PARAMETROS DE DISEÑO.....	124
13.2.1	Clasificación del Tipo de Vía.....	124
13.2.2	Niveles de Iluminación.....	124
13.2.3	Selección de Luminarias.....	124
13.2.4	Altura de Montaje y Espaciamiento de Luminarias.....	125
13.2.5	Disposición.....	125
13.3	TRAZADO DE CIRCUITOS SECUNDARIOS.....	126
13.4	CONTROL Y PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO.....	126
13.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS DE EQUIPOS DE ALUMBRADO.....	126
13.5.1	Luminarias.....	126
13.5.2	Estructuras de Soporte.....	126
13.5.3	Conductores.....	126
13.6	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRIMARIA.....	127
13.6.1	Estructuras de Soporte.....	127
13.6.2	Aisladores.....	127
13.6.3	Conductores.....	127
13.6.4	Transformadores.....	127
13.6.5	Protección y Seccionamiento.....	127
13.6.6	Tensores y Anclajes.....	127
13.6.7	Conexiones a Tierra.....	128
<b>14.</b>	<b>CATASTRO DE EXPROPIACIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>15.</b>	<b>DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>130</b>

15.1	INTRODUCCION.....	130
15.2	PROCEDIMIENTO SEGUIDO .....	130
15.3	DISEÑO PRE-PRELIMINAR MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	131
16.	IMPACTOS AMBIENTALES .....	135
17.	CANTIDADES DE OBRA.....	136
17.1	INTRODUCCION.....	136
17.1.1	Excavación y Relleno .....	136
17.1.2	Calzada .....	140
17.1.3	Drenaje (Obras de Arte Menor).....	144
17.1.4	Puentes (Obras de Arte Mayor).....	144
17.1.5	Estabilidad de Taludes.....	144
17.1.6	Señalización.....	144
17.2	RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA.....	144
18.	MÉTODOS CONSTRUCTIVOS .....	145
18.1	INTRODUCCIÓN.....	145
18.1.1	Obras Viales a Cielo Abierto.....	145
18.1.2	Túneles .....	145
18.2	MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA OBRAS VIALES EN SUPERFICIE .....	146
18.3	MÉTODO CONSTRUCTIVO PARA OBRAS EN TÚNELES .....	146
18.3.1	Excavación para Obras Subterráneas.....	147
18.3.2	Sistemas Complementarios .....	147
18.3.3	Especificaciones Especiales para Túneles .....	149
19.	PRESUPUESTO .....	150
19.1	OBJETIVO.....	150
19.2	PRECIOS UNITARIOS .....	150
19.3	PRESUPUESTO .....	150

## ANEXOS:

ANEXO 4.1: *Estudio Hidrológico*

ANEXO 8.1: *Diseño Pre-preliminar de Intercambiadores y Pasos Típicos*

ANEXO 9.1 *Diseño Pre-preliminar de Pavimento*

ANEXO 10.1: *Diseño Pre-preliminar de Estructuras Especiales, Puentes y Otro Tipo de Estructuras*

ANEXO 18.1 *Métodos Constructivos*

## **1. ANTECEDENTES Y ENFOQUE DEL ESTUDIO**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La conclusión final a la que se ha llegado como resultado del análisis y evaluación del documento presentado por LPA, sobre el estudio realizado por esta firma, para la selección de la vía de acceso al NAIQ, es que el estudio ejecutado es inaplicable por cuanto parte de un enfoque errado, sustentado en una metodología tradicional de evaluación socio – económica y financiera aplicando el criterio de selección de UNA alternativa que excluye a la, o las alternativas que son comparadas. Además desde el punto de vista técnico, las soluciones propuestas para los diseños viales ejecutados, así como para las estructuras especiales, puentes y viaductos que forman parte de estos diseños, conceptual y metodológicamente han sido mal elaborados y en consecuencia no podrían ser implantados en el terreno, tampoco permiten una adecuada comparación desde el punto de vista técnico, ni permiten obtener presupuestos que sustenten en términos reales las inversiones que en cada caso, serían requeridas.

Ante estas circunstancias los trabajos que corresponden a la Fase 2 no pueden ser COMPLEMENTARIOS, como inicial y contractualmente estaba previsto, todo lo contrario, es necesario introducir un Replanteamiento Integral de Largo Plazo (2005 -2030) en el enfoque, alcance y metodología que sea el adecuado para el desarrollo de los servicios de consultoría que permita llegar a soluciones y recomendaciones que respalden las decisiones que deberá adoptar la CORPAQ y en especial el IMDMQ, con relación al desarrollo socioeconómico y espacial de la Zona Nororiental del DMQ.

### **1.2 ENFOQUE**

El Enfoque que proponemos para el Replanteamiento Integral de Largo Plazo es el considerar una Red Vial Básica aplicando un concepto global y un análisis multicriterio y multipropósito que permita establecer las interdependencias entre la Red Vial Básica propuesta y el contexto socio – espacial que lo rodea, es decir una Red Vial integrada que permita la planificación socioeconómica del área de estudio; que posibilite prestar servicios de transporte terrestre carretero, rápidos, seguros y de bajo costo, así como también condicione e impulse el racional y eficiente ordenamiento territorial y del uso del suelo en el área de influencia enmarcado en el principio de desarrollo socio – económico sustentable.

Además el enfoque toma en cuenta 2 escenarios:

Sin Proyecto, esto es que no se realice ninguna obra de mejoramiento o construcción vial, en este caso se extrapolará la estructura y tendencia del pasado y se llegará a establecer un desarrollo de la Zona sin proyecto.

Como es comúnmente aceptado en los servicios de consultoría vial, en el presente trabajo se toma muy en cuenta las ventajas y desventajas de realizar las inversiones para el mejoramiento o nueva construcción de las vías que conformarán la Red Básica en la Zona Nororiental del DMQ, partiendo de una situación en la que se supone que los comportamientos sociales, económicos, ocupación y uso del suelo, etc., seguirán la tendencia manifestada en el pasado reciente (PROGNÓISIS), esto es, suponiendo que no se realizaría ninguna obra de infraestructura que altere su evolución espontánea o inercial.

Con Proyecto, toma en cuenta los efectos directos e indirectos que producirían las nuevas inversiones viales en la Red Básica propuesta, y sobre los aspectos económicos, sociales y ambientales; además se llegará a pronosticar los cambios sustanciales en el desarrollo socio –

espacial en la zona de influencia del sistema vial en el Nororiente del DMQ y de esta manera se estimarán los Cambios Incrementales que impulsarán las inversiones derivadas de la construcción y operación de este segmento de la Nueva Red Vial Principal, misma que no serviría exclusivamente a los usuarios potenciales del NAIQ, sino también y simultáneamente a toda la población residente en su área de influencia incluyendo al tráfico vehicular que atravesará el DMQ, cumpliendo así una función multipropósito. De esta manera se realizará el análisis de una situación Con Proyecto.

### 1.3 PRINCIPALES CONCEPTOS DE DISEÑO VIAL

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

Los factores o requisitos del diseño se agrupan en externas o previamente existentes e internos o propios de la vía y su diseño.

Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales la climatología e hidrología de la zona, los planes de ordenamiento territorial y uso del suelo existentes y previstos, los parámetros socio - económicos del área.

Los factores internos de diseño contemplan las realidades para definir los parámetros de diseño y los aspectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigible y los relacionados con la estética y armonía de la solución.

La velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y el parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto.

*Concepto Tridimensional.*- El diseño de una vía se inicia con el establecimiento de las rutas o corredores favorables que conectan los extremos del proyecto y unen puntos de paso intermedio obligados.

La carretera es una superficie continua y regular transitable en un espacio tridimensional. Casi en todos los diseños se realizan dos análisis bidimensionales complementarios del eje de la vía, prescindiendo en cada caso de una de las tres dimensiones. Así, si no se toma en cuenta la dimensión vertical (cota); resultará el alineamiento en planta o el diseño geométrico horizontal que es la proyección de la vía sobre un plano horizontal.

Si se toma en cuenta la dimensión horizontal o alineamiento en planta y junto con ella, se considera la cota, se obtiene el perfil longitudinal o diseño geométrico vertical que es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

Finalmente, si se considera el ancho de la vía asociada a su eje resultarán sucesivas secciones transversales, compuestas por la calzada, los espaldones, las cunetas y los taludes laterales; complementándose así la concepción tridimensional de la vía.

La mejor ruta entre varias alternativas, que permite enlazar entre dos puntos extremos terminales, sea aquella que de acuerdo con las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, y que ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética. Por tanto, para cada ruta sería necesario determinar en forma aproximada los costos de

construcción, operación y mantenimiento de la futura vía a diseñar, para así compararla con los beneficios probables esperados.

Las vías que constituyen la Red Vial Básica de la Zona Nororiental del Distrito Metropolitano de Quito que serán diseñadas y luego construidas, están ubicadas en la provincia de Pichincha, República del Ecuador, país que está conformado por una gran cadena de montañas con laderas, pendientes transversales pronunciadas, que impiden en determinados aspectos la implantación de las Normas Americanas, Inglesas o de otros países, no por cuestiones técnicas sino debido al alto costo de construcción generado por grandes movimientos de tierra y el requerimiento de obras especiales, puentes y viaductos.

Para el análisis y evaluación de las alternativas estudiadas por LPA hemos definido los criterios y los parámetros técnicos de diseño que serán acoplados principalmente a las condiciones topográficas, a las condiciones geológico-geotécnicas, hidrológica y de drenaje y a las Normas de Diseño Geométrico del MOP – 2003.

### **1.3.1 Normas de Diseño Geométrico**

Dadas las características geomorfológicas de los corredores en los que se implantaron los enlaces viales, se ha considerado cuatro tipos de terreno: llano, ondulado, montañoso y escarpado, de acuerdo con las definiciones que se registran a continuación:

#### **1.3.1.1 Carreteras en terreno plano**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0-5 %.

Existe un mínimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la ejecución de la obra básica de la carretera. Las pendientes longitudinales de la vía son cercanas al 0%.

#### **1.3.1.2 Carreteras en terreno ondulado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo. La pendiente transversal de terreno natural varía de 5-25 %.

El movimiento de tierras es moderado, que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción de la obra básica de la carretera.

#### **1.3.1.3 Carreteras en terreno montañoso**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural varía de 25-75 %.

Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se puedan presentar en una dirección dada. Hay dificultades en el trazado y construcción de la obra básica.

**1.3.1.4 Carreteras en terreno escarpado**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente, que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural de >75 %.

Existe un máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y construcción de la obra básica, pues los alineamientos están prácticamente definidos por las difíciles características geomorfológicas a lo largo del recorrido de la vía.

A fin de establecer los parámetros de diseño geométrico, dada su decisiva influencia en el costo de las vías, se han considerado además de las condiciones topográficas, el volumen y la composición del tráfico actual y proyectado, utilizándose para el efecto 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.

Como una referencia se muestran a continuación un resumen de los valores mínimos de diseño geométrico:

**Cuadro 1.1**

**VALORES DE DISEÑO**

Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (kph)	Coefficiente Fricción Lateral	Pendiente Máxima (%)	Radio Mínimo (m)	Peralte Máximo (%)
Llano	110	0.12	3	430	10
Ondulado	100	0.13	4	350	10
Montañoso	80	0.14	6	210	10
Escarpado	60	0.15	7	110	10

En el Cuadro 7.2 se presentan las Normas de Diseño recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

**1.3.2 Clase de Carretera**

Para tener un parámetro de comparación única en el análisis y evaluación del Estudio de LPA, hemos adoptado aquel equivalente a Autovía o vía expresa definiéndola así, a la carretera que no reúne todos los requisitos para ser considerada como autopista, pero sin embargo tiene calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de acceso a propiedades colindantes. No cruza a nivel ningún otro camino o sendero, ni cruzada por vía de comunicación o de paso alguna.

Para que el caso del tráfico justifique tan sólo una vía de una calzada, se adopta la “vía rápida” carretera de una sola calzada (clase I), con limitación total de accesos a propiedades colindantes. No cruzan a nivel ninguna otra vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

En uno u otro caso, los parámetros de diseño serán semejantes a las de una carretera clase 1, de las Normas Recomendables “MOP-2003”.

### 1.3.3 Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad, y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo de una vía cuando las condiciones sean tan favorables, que las características de la vía predominante.

La velocidad que se adopta para el estudio y diseño de estas vías será de 110, 100, 80 y 60 km por hora, para terrenos plano, ondulado, montañoso y escarpado.

### 1.3.4 Radio Mínimo de Curvas Horizontales

Para la determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se ha seguido el criterio de la AASHTO, criterio adoptado en las normas del MOP, según el cual, este radio es función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral.

Los radios mínimos de las curvas horizontales serán de: 430, 350, 210 y 110 m para 110, 100, 80 y 60 kph.

El peralte máximo se fijó en 10 por ciento, teniendo en cuenta que la composición de la flota va a tener un porcentaje de camiones.

El valor del coeficiente de fricción lateral adoptado es de 0.12, 0.13, 0.14, 0.15 para velocidades de 110, 100, 80 y 60 km por hora respectivamente.

### 1.3.5 Pendientes Máximas y Mínimas

La pendiente longitudinal corresponde a 3, 4, 6 y 7% para terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado respectivamente, pudiendo en longitudes cortas, menores a 500 m, aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos.

### 1.3.6 Determinación de las Curvas Verticales

Para determinar las longitudes de las curvas verticales se utilizaron las siguientes expresiones:

- Curvas verticales Convexas  $L = K.A$
- Curvas verticales Cóncavas  $L = K.A$

Siendo:

- A = Diferencia algebraica de las gradientes
- B = Relación de la longitud de la curva en metros por cada tanto por ciento de la diferencia algebraica de las gradientes.

En el Cuadro 1.3 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

Cuadro 1.3

**CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS**

Velocidad de Diseño (km/h)	Distancia de Visibilidad para Parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = $S^2/426$		Curvas Verticales Cóncavas 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
90	140	46.0	46	32.0	32
100	160	60.0	60	37.5	38
110	190	84.7	85	45.9	46

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

**1.3.7 Dimensionamiento Vial**

El propósito de dimensionamiento vial es determinar las características de la sección típica transversal de la carretera considerada, para definir las dimensiones de sus elementos componentes y sustentada en ellos establecer la sección típica transversal así como el ancho de la faja de Derecho de Vía.

Con este propósito se utiliza el TPDA pronosticado al año de horizonte del estudio. El procedimiento de cálculo está detallado y forma parte del Informe del Área de Tráfico y Transporte, y está sustentado en los procedimientos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras, versión 2000.

El número de carriles de una calzada debe adaptarse a las condiciones de intensidad de circulación prevista para la hora de diseño, de acuerdo al nivel de servicio seleccionado en el caso de nuevas carreteras.

Para poder tener un referente sobre el cual efectuar el análisis y evaluación del diseño de la sección transversal de vía propuesto por LPA, con aquella que estaría ajustada a las normas vigentes en el país, se ha dimensionado la sección típica que sujeta a estas normas debería constituir la sección transversal de una autovía en nuestro medio.

El criterio adoptado, tiene como sustento el hecho que debido a las difíciles condiciones geomorfológicas de los corredores, que se han considerado para la localización de las rutas y su trazado, el movimiento de tierras necesario para la construcción de la obra básica de estas vías, así como los puentes que requerirán de estructuras especiales para salvar los profundos y amplios cauces que las rutas propuestas atraviesan, constituirán los componentes de construcción que demanden la mayor inversión del presupuesto de construcción de las mismas, ya que su ejecución no puede ser dividida para ser completada en etapas, sino que la obra básica tiene que ser construida en su totalidad y en la etapa inicial.

El número de carriles por calzada, en una primera etapa, podría ser dos, dejando para un segunda etapa la incorporación de un carril adicional, por sentido, cuando la intensidad del tráfico lo demande.

A manera de referencia se incluye los Cuadros C-1.4 y C-1.5 que registran los principales parámetros utilizados para establecer el dimensionamiento vial.

El Cuadro C-1.4 registra las intensidades de tráfico por niveles de servicio y por sentido para carreteras de dos calzadas con dos carriles por sentido, y el Cuadro C-1.5 los parámetros que se consideran en el dimensionamiento de una carretera convencional Clase 1 ó Clase 2.

**Cuadro C-1.4**

**NIVELES DE SERVICIO E INTENSIDADES PARA  
AUTOVÍAS Y AUTOPISTAS  
(VLE/Hora/Carril)**

Nivel de Servicio	Velocidad Libre (km/h) aproximadamente Velocidad de Diseño			
	100	90	80	70
C	1575	1435	1280	1120
D	2015	1850	1705	1530
E	2200	2100	2000	1900

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000

Nota: VLE (Vehículo Liviano Equivalente)

**Cuadro C-1.5**

**NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERAS DE 1 CALZADA  
(2 CARRILES)**

Nivel de Servicio	Clase 1		Clase 2
	% Tiempo Siguiendo	Velocidad Media (km/h)	% Tiempo Siguiendo
C	> 50 ≤ 65	> 50 ≤ 65	> 50 ≤ 65
D	> 65 ≤ 80	> 60 ≤ 70	> 70 ≤ 85
E	> 80	> 60	> 85

Fuente: TRB, Manual de Capacidad 2000

Nota: Capacidad de Carretera de una Calzada de 2 carriles (en ambos sentidos), 3200 VLE/h

**1.3.8 Niveles de Diseño**

Los estudios de Ingeniería de una vía comprenden tres fases:

- Estudios Pre-preliminares (Selección de ruta)
- Estudios preliminares
- Estudios definitivos

A continuación se presenta un resumen de las actividades a realizarse en la ejecución de los estudios.

#### 1.3.8.1 Fase I: Selección de Ruta

##### ***Estudio Pre-preliminar***

De manera general, la metodología a seguirse se inicia con el estudio macro de la ruta en cartas planialtimétricas y fotografías aéreas, que comprenderá básicamente la toma de datos topográficos, poblacionales, hidrológicos, hidrográficos, etc, necesarios para identificar plenamente al proyecto, sus posibles formas de mejoramiento y potenciales problemas a identificar, rectificar o ratificar durante la exploración y reconocimiento terrestres. Para el efecto se usarán las cartas topográficas disponibles en el IGM a escala 1:50.000 y las fotografías aéreas a escala 1:60.000. Además efectuará la recolección, estudio y evaluación de la información disponible.

De ser necesario se efectuará un reconocimiento aéreo.

Las actividades a realizar en esta etapa son las siguientes:

- Estudio en cartas y fotografías y exploración terrestre
- Estudio geológico-geotécnico para el diseño vial
- Investigaciones geotécnicas del eje de la vía
- Investigaciones geotécnicas para puentes
- Restitución aerofotogramétrica, ancho 500 m
- Diseño anteproyecto, escala 1:5.000
- Estudio pre-preliminar de estructuras para puentes
- Cantidades de obra y presupuesto
- Informe de selección de ruta

#### 1.3.8.2 Fase 2

##### ***Estudios Preliminares***

En esta fase del estudio se obtendrá la información topográfica en base a un polígono, nivelación y perfiles transversales que serán procesados en gabinete, obteniéndose la faja topográfica para el diseño planialtimétrico del proyecto. Mediante recorridos de campo se realizará los estudios geológico-geotécnicos para la vía y las obras de arte mayor. Se identificarán y analizarán las fuentes de materiales; se realizarán los diseños de drenaje, pavimentos y más obras complementarias del proyecto.

En estas actividades participarán los profesionales de las diferentes ramas de la ingeniería estructural y vial, así como también profesionales del área de impacto ambiental y factibilidad. Además, a lo largo y ancho del corredor de la vía se realizará un estudio geológico para identificar, de ser el caso, los correctivos necesarios y dar las recomendaciones para su diseño.

En resumen, el estudio preliminar comprende las siguientes actividades:

- Polígono, nivelación y perfiles transversales
- Topografía auxiliar y dibujo para obras de arte mayor (puentes)
- Dibujo topográfico y diseño geométrico de la vía
- Estudio hidrológico-hidráulico para puentes
- Estudio hidrológico-hidráulico para obras de arte menor
- Estudios Geofísicos y perforación para verificación

- Análisis sísmico
- Informe geológico-geotécnico
- Investigaciones geotécnicas de fuentes de materiales
- Diseño preliminar de drenaje
- Prediseño de estructuras para puentes
- Diseño preliminar de pavimento
- Diseño preliminar de movimiento de tierras
- Cantidades de obra y presupuesto
- Informe preliminar de ingeniería, incluye cantidades de obra y presupuesto

#### 1.3.8.3 Fase 3: Estudio Definitivo

De ser factible el proyecto, se realizarán los estudios definitivos que comprenden las siguientes actividades:

- Replanteo, nivelación, referencias y perfiles transversales
- Dibujo de planos
- Diseño del proyecto vertical
- Investigaciones geotécnicas de fuentes de materiales
- Investigaciones geotécnicas de la vía
- Estabilidad de taludes
- Investigaciones geotécnicas para puentes
- Diseño de pavimentos
- Diseño definitivo de puentes
- Estudio hidrológico-hidráulico para obras de arte menor, dimensionamiento de alcantarillas, cunetas y canales de drenaje
- Estudios geofísicos, complementación
- Expropiaciones
- Señalización
- Cantidades de obra y especificaciones técnicas
- Presupuesto
- Cronograma de ejecución de las obras
- Informe Final

## 2. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE INGENIERÍA VIAL

La topografía existente entre la Meseta en que esta asentada la ciudad de Quito y la Zona Nororiental del DMQ esta caracterizada por una hidrografía y geomorfología muy accidentada, atravesada de Sur a Norte por escarpados y profundos cauces de las quebradas y de los ríos que constituyen el sistema fluvial del Río Guayllabamba. Esta condición topográfica limita la posibilidad de localizar rutas viales que satisfagan las características que deben ser observadas normativamente para el trazado vial, especialmente de carreteras con características de autovía y Clase 1, motivo por el cual la primera tarea realizada durante la Fase 1 fue revisar todos aquellos corredores y rutas que han sido propuestos para procurar el enlace entre los 2 valles indicados. Como conclusión de este minucioso y detallado análisis se estableció que las rutas más opcionadas para lograr trazados eficientes y cumplir con las características normativas que exigen los niveles de calidad demandados por autovías y carreteras Clase 1, corresponden a los corredores denominados: Corredor Sur, Corredor Zámbriza y Corredor Norte, en los cuales el propósito u objetivo de esta fase de estudio es lograr trazados que sean funcionales, seguros, cómodos, estéticos, económicos, así como compatibles con las normas de diseño y con las características topográficas y del medio ambiente de la faja atravesada por sus respectivos trazados.

La meta establecida por nuestra Asociación para la ejecución de los Estudios contratados con la CORPAQ, es lograr la excelencia de los mismos a través de la aplicación de un Plan de Control de Calidad. Con este propósito se decidió que el nivel de los estudios de ingeniería seria el de **Pre-preliminar Avanzado**, que casi es semejante al de un **Diseño Preliminar**, en lo que se relaciona con el alcance, metodología y detalle de elaboración, pero, con la precisión que permite la utilización de planos topográficos que, si bien es cierto, han sido obtenidos mediante el uso de aerorestitución, su escala es 1: 5000 en lugar de 1: 1000 que son los utilizados para la elaboración de estudios a Nivel Preliminar.

Cabe destacar que desde el punto de vista geomorfológico las condiciones que presentan cada uno de los Corredores antes mencionados para el trazado de una vía de primer orden, se deterioran notablemente de Sur a Norte, es decir que el Corredor Sur presenta las mejores ventajas para optimizar el trazado de la alternativa correspondiente, mientras que el Corredor Zámbriza y el Corredor Norte presentan condiciones más adversas para lograr trazados eficaces.

Dentro de este marco de condiciones hidrológicas y geomorfológicas el objetivo de la Fase 2 es elaborar diseños viales a nivel pre-preliminar avanzado, en cada uno de los corredores antes mencionados que optimicen el trazado de las rutas seleccionadas en cada uno de ellos.

Otra de las ventajas de esta decisión es elaborar presupuestos con el detalle que se precisa para un nivel de Diseño Preliminar, en el cual las cantidades de obra se calculan para todos los rubros de obra que integran los principales componentes de construcción, excepto para las estructuras de puentes especiales. Estas cantidades, con la aplicación de precios unitarios obtenidos mediante la utilización de precios actualmente vigentes en el mercado de la construcción dentro del área de estudio, han permitido obtener presupuestos más ajustado a las condiciones actuales y, en consecuencia, aplicando un factor de homologación, corregir las imprecisiones generadas por la escala de los planos topográficos utilizados, así como para cubrir los costos de ingeniería necesarios para elaborar los proyectos a nivel de diseño definitivo, como también considerar los costos por servicios de fiscalización que permitirán obtener, con la mayor aproximación posible, los montos de las inversiones que serán requeridas para su implantación.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA PROPUESTA

Con este propósito se ha concebido una Red Vial que conjuntamente con las vías existentes permita el desplazamiento de bienes y personas entre todos los centros poblados del área de estudio y además contribuya a los objetivos mencionados en el párrafo anterior.

Esta Red es la que se presenta en el mapa MI.3, y responde a los mismos criterios con que se definió en el Plan de Desarrollo Territorial del DMQ, la Red Vial Principal Metropolitana.

En forma semejante el modelo de estructuración de la Red Básica de la Zona Nororiental del DMQ, puede describirse como un sistema radial concéntrico, donde los corredores radiales son las vías de acceso y conexión intra-regional y los anillos concéntricos constituyen las vías distribuidoras y colectoras mayores y de conexión inter-regional.

#### 3.1 SISTEMA ANLAR

- El **primer anillo** colector - distribuidor, ahora denominado **Av. Simón Bolívar**, está conformado por los accesos Oriental y Occidental localizados en el Sur de la ciudad, y por la Av. Simón Bolívar con sus prolongaciones Sur hacia Tambillo y Norte hasta la Panamericana Norte, estos últimos tramos actualmente están en construcción y estarán terminados dentro del próximo quinquenio.
- Un **segundo anillo** integrado por la denominada Vía Perimetral de Quito, y que incluye las variantes Sur y Norte, de tal manera que se constituirá en conector continuo desde Tambillo hasta la Autopista Manuel Córdova Galarza. A este eje se le asigna el rol de **Troncal Metropolitana** y así se le denomina porque se constituirá en la ruta que incorporará y distribuirá los flujos de tráfico de toda el área Metropolitana, su diseño esta a nivel de diseño para licitación, y su derecho de vía está establecido mediante ordenanza municipal, su incorporación se prevé será a mediano plazo.
- El **tercer anillo** Esta constituido por la denominada **Perimetral Metropolitana** y corresponde a la nueva carretera Panamericana (actual Alóag, Sangolquí, Pifo, El Quinche, Santa Rosa de Cusubamba), a través de estos anillos la Zona Nororiental del DMQ se conecta hacia el Norte y hacia el Sur a través de la carretera Panamericana con el resto de provincias localizadas tanto en la Sierra como en la Zona Amazónica y la Costa Ecuatoriana.

#### 3.2 ESCALONES RADIALES METROPOLITANOS

Los Escalones Metropolitanos (radiales) y que constituyen los corredores de enlace intrametropolitano están constituidos por:

- La actual Vía Interoceánica que enlaza la Av. Simón Bolívar desde el Intercambiador de tráfico ubicado sobre esa Avenida con la denominada Perimetral Metropolitana a la altura de la población de Pifo; un ramal de esta Vía constituido por un tramo identificado como Av. De los Conquistadores, enlaza Cumbayá con la Av. Simón Bolívar a la altura del puente con que cruza esta vía el Río Machángara.

Para conformar la Red Vial Básica de la Zona Nororiental del DMQ, a las vías antes mencionadas se han agregado los siguientes proyectos de enlaces viales entre la meseta Quito y la zona nororiental del DMQ:

- **Ruta Sur** su trazado se desarrolla en el corredor localizado de Este a Oeste al pie del Cerro Ilaló, al que se ha denominado Corredor Sur. En su recorrido enlaza la Av. Simón Bolívar con

la Perimetral Metropolitana entre Pifo y Yaruquí, y a través del Intercambiador Tababela (Alpachaca) también la enlaza con el acceso al Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito.

- **Ruta Zámbez** localizada en el corredor del mismo nombre, enlaza la Av. Simón Bolívar desde el punto denominado Gualo con el acceso Alpachaca hacia el NAIQ.
- **Ruta Norte** localizada en el corredor del mismo nombre. Utiliza la carretera Panamericana Norte desde el Intercambiador de esta con la Av. Simón Bolívar hasta el sitio llamado Coto, ubicado hacia el Norte de la estación de peaje de Oyacoto, desde donde se desplaza hacia el Este, cruza el Río Guayllabamba para luego dividirse en dos ramales, el uno que se dirige hacia el Norte hasta la población de Guayllabamba y otro con dirección Sureste se dirige hacia el NAIQ, y conecta con el acceso Alpachaca cerca del NAIQ. Además se prolonga con un ramal hasta enlazar con la Perimetral Metropolitana, en un sitio ubicado al Norte de la población de Yaruquí.

#### 4. HIDROLOGÍA

Se estructura el presente informe de acuerdo a los tres componentes básicos dentro del ciclo hidrológico;

- El escurrimiento: la hidrología;
- La lluvia; como variable de entrada;
- Y las características fisiográficas de las cuencas de aporte al escurrimiento.

La interrelación de estos componentes; de por sí complejos, se simplifica en una modelación hidrológica a nivel de eventos, con el fin de determinar las obras civiles necesarias para el drenaje y con ello asegurar el buen funcionamiento de la infraestructura vial proyectada, dentro de un contexto ambiental de recuperación y no afectación a la zona de vida por la que atraviesa.

##### 4.1 ESTUDIO HIDROLOGICO

El presente estudio se enfoca en los criterios y parámetros de diseño, dentro de la simulación del proceso precipitación escurrimiento, en lo que tiene que ver a los fenómenos asociados al flujo del agua a través de laderas, quebradas y cauces.

###### 4.1.1 Introducción

El presente informe presenta el estudio hidrológico para la proyección de obras civiles de drenaje menor, para cada una de las tres alternativas escogidas como posibles, enmarcadas dentro de la selección vial del acceso al nuevo aeropuerto internacional de Quito.

Las obras de drenaje y alcantarillado propuestas deben entenderse como el conjunto de estructuras que permiten; la captación, conducción y descarga controlada, de caudales producidos por las aguas lluvias que se precipitan sobre la vía y su área de afectación e intervención.

Por **área de intervención** se entiende, como las áreas de los cauces, quebradas y laderas que al implantar la vía, cambiarán su condición de equilibrio.

Es por tanto el objetivo del presente estudio:

Determinar a nivel de un estudio Pre-preliminar, las estructuras civiles de drenaje que impidan los efectos negativos del agua sobre la vía de acceso al Aeropuerto Internacional de Quito proyectada, y con ello asegurar su buen funcionamiento y estabilidad durante su vida útil.

Los objetivos trazados se enmarcan dentro de un contexto ambiental general, que en lo que concierne al drenaje menor, parten de:

- Mejorar el equilibrio del micro drenaje de la zona e impedir mediante la implementación de obras civiles los efectos negativos en el área de intervención de la vía.

Esto se logra mediante el uso de cunetas a media ladera, descargas que concentran flujos de manera controlada, obras de protección en cauces afectados por descargas de flujos concentrados, etc.

Al nivel de estudio presente, no se tratará el problema de sedimentos. Sin embargo debido al gran deterioro de las zonas de vida por la que atraviesan las rutas seleccionadas de los accesos al nuevo aeropuerto, los flujos de agua se ven acompañados de gran cantidad de sedimentos, por lo que se

considera necesario; en la etapa de diseño final, analizar a fondo este problema, tanto en el diseño específico de obras de drenaje como en su mantenimiento.

#### 4.1.1.1 Conceptos importantes

Se incluye estos conceptos por su importancia en la definición de los criterios de diseño del drenaje de las diferentes alternativas de análisis.

Todo cuerpo hídrico halla su equilibrio cuando durante un tiempo determinado, (evento de crecida) ni se erosiona ni se sedimenta. Por lo tanto, los sólidos que ingresan; en un tramo de análisis, son iguales a los que salen para un caudal dado.

Si para un cuerpo hídrico en equilibrio se aumenta el caudal, las consecuencias son inmediatas. Para que el cauce halle su nuevo equilibrio, se producen dos fenómenos complementarios, por un lado aumenta el acarreo de sedimentos y por otro disminuye la pendiente.

Estos fenómenos generan:

- Profundización de los cauces de las quebradas
- Desestabilización de las márgenes
- Formación de cascadas en cauces con materiales gruesos
- Acarreo de partículas más finas dejando aflorar los materiales gruesos o grandes bloques.

Si en un tramo no existiesen materiales gruesos, su profundización no sería controlable hasta alcanzar la pendiente de equilibrio. Dicha pendiente afectará a toda infraestructura ubicada aguas arriba; por la erosión generada y aguas abajo por la sedimentación subsiguiente.

Es por tanto necesario; en lo referente a drenaje en obras viales, evitar descargas no controladas que generen erosión regresiva en el cauce y se evite por tanto, los efectos de sedimentación aguas abajo.

Los efectos sobre una quebrada al concentrar en ella el caudal formativo de varias quebradas aledañas, son equivalentes a cambiar las condiciones climáticas contra las cuales las quebradas intentan equilibrarse, por lo que obras de protección son indispensables.

El efecto sobre una quebrada con fuerte pendiente, en la que se disminuye o elimina su caudal formativo, es tender hacia su equilibrio. Esto último por tanto es un efecto positivo de proyección del drenaje vial, permitiendo la recuperación natural de dichas quebradas.

Las pendientes de equilibrio fuertes en quebradas sin caudal permanente, en una zona con pocos eventos de lluvia pero de fuertes intensidades, son el resultado de un caudal formativo pequeño y una gran cantidad de transporte de sedimentos.

Durante los meses secos, el efecto de los fuertes vientos aporta al aumento de la erosión y disminuye la capacidad de protección de las laderas. Al presentarse las primeras lluvias, entrando a los meses húmedos, la condición de las laderas y cauces se encuentra más deteriorada presentando un nuevo desequilibrio que solamente puede igualarse (asumiendo que las condiciones climáticas son invariables) mediante la disminución de la pendiente y el aumento del transporte de sedimentos (erosión).

Estos conceptos de drenaje no se aplican solamente a vías, sino que son parte de un manejo responsable de cuencas o laderas desprotegidas, con o sin afectación directa a infraestructuras.

Como consecuencia de lo mencionado anteriormente, tanto de la descripción de la zona de vida como de los conceptos de drenaje, en la zona de intervención se presentarán flujos hiperconcentrados cargados de sedimentos con grandes concentraciones en suspensión (superior al 1% en volumen). En general, los flujos hiperconcentrados se asocian con una degradación severa en el terreno de la cuenca y ocurren durante los eventos de crecidas.

Es por tanto indispensable considerar que las estructuras de drenaje estarán influenciadas por una alta carga de sedimentos, para lo cual se debe tomar las medidas necesarias para su control y manejo. Implementando donde fuesen necesario canales a media ladera, rápidas, estructuras de disipación etc.

#### **4.1.2 Recopilación y análisis preliminar de datos**

Es de interés dentro del presente estudio, en lo que tiene que ver específicamente con el estudio hidrológico, recopilar datos e información de estudios afines al presente, que tratan la temática hidrológica y meteorológica aplicada.

Estando ubicado el proyecto en marcha dentro del Distrito Metropolitano de Quito, los datos utilizados y analizados, son los referentes al Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, los cuales guían las metodologías empleadas en temas afines.

Adicionalmente a este importante trabajo que tutela el análisis, se ha recopilado información de las precipitaciones anuales y medias mensuales, con el fin de determinar la precipitación media anual en la zona y determinar una estación representativa en cuanto a este parámetro de estudio.

Se ha recopilado información adicional de las zonas de vida por las que atraviesan las distintas alternativas, basadas en los estudios experimentales de Holdridge, y aplicadas al país dentro del Programa Nacional de Regionalización Agraria.

Se ha observado, mediante el análisis de información cartográfica, la extensión de las cuencas aportantes al escurrimiento y de sus usos de suelos. Obteniéndose importantes áreas de aporte al micro drenaje que cubren áreas de incluso 25 km<sup>2</sup>.

Recopilada la información de escritorio necesaria, se han realizado visitas a las áreas de intervención y afectación de las alternativas propuestas, así como a las áreas de drenaje que incluso llegan en ciertos casos a los páramos pluviales de la vertiente oriental.

Se ha complementado con información relativa a suelos y sus formaciones, con el fin de mejorar el conocimiento y precisar el estudio con relación a las características de infiltración y su capacidad de retención de agua. Tales son los casos de los páramos pluviales aportantes al escurrimiento, que representan verdaderas esponjas que permiten regular el régimen hidrológico en la zona.

##### **4.1.2.1 Distribución temporal de la precipitación anual**

La información recabada en estaciones meteorológicas ubicadas en la zona por donde cruzan las distintas alternativas, indica que la precipitación media en la zona de estudio es de alrededor de 600 mm al año como cantidad promedio. Sin embargo se observan valores de 1111 mm en la estación Yaruquí, lugar en el cual la precipitación anual es máxima en todos los años observados.

Se puede observar adicionalmente que la estación representativa de la distribución de la precipitación anual es la estación Calderón.

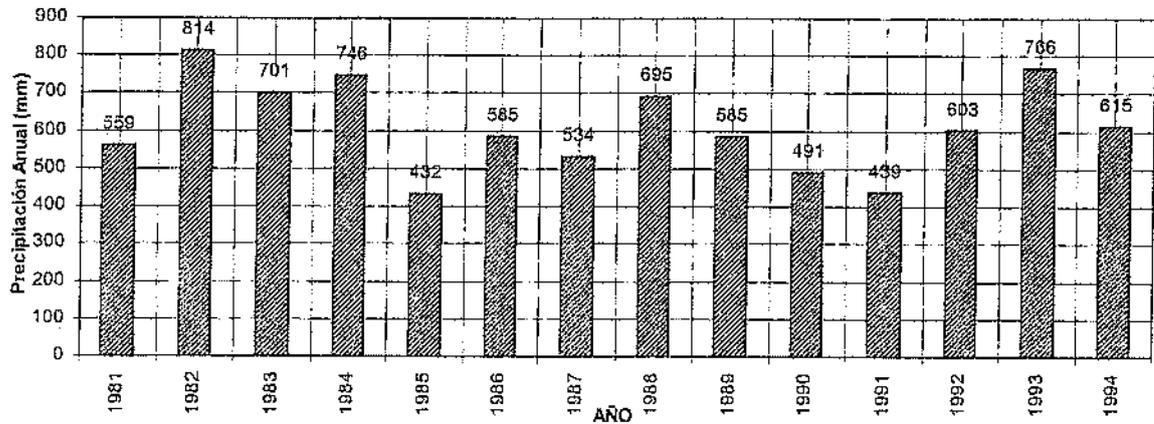
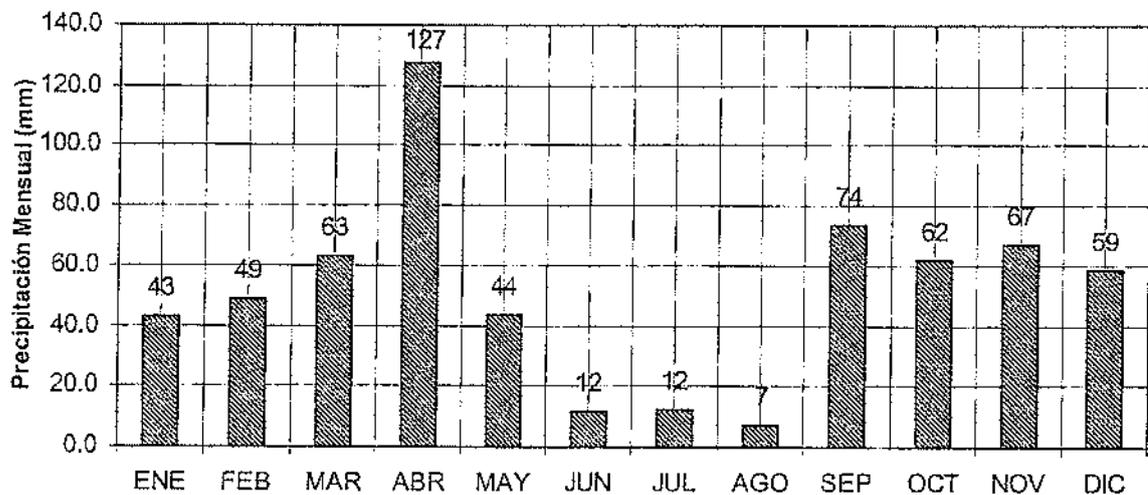


Gráfico de la distribución interanual de la precipitación anual promedio(mm) en la zona de estudio

Los datos recabados se pueden observar en el anexo adjunto de cuadros y gráficos.

#### 4.1.2.2 Distribucion temporal de la precipitación mensual

El gráfico de la distribución de la precipitación dentro del año, indica claramente la existencia de tres meses secos, Los meses de junio, julio y agosto. Sin embargo existen meses en algunos años, donde no se ha presentado precipitación como en los meses de septiembre de 1983, y marzo de 1988.



#### 4.1.2.3 Caudales de crecidas

El cálculo de los caudales de crecida, se apoya en los estudios realizados por la Empresa de Agua potable y Alcantarillado EMAAP-Q, dentro de los estudios realizados en el Plan Maestro de Quito.

Se debe diferenciar dos métodos para la generación de caudales de crecida para una frecuencia determinada.

El primero; el método racional, aplicable para el análisis de crecidas resultado de precipitaciones sobre áreas pequeñas; menores a 250 ha.

El segundo; el método de hidrogramas unitarios sintéticos, para el análisis de áreas superiores a 250 ha, donde no se puede considerar la distribución espacial de las lluvias de manera uniforme.

**a) El Método Racional**

La formula empleada por el método racional, responde a la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Donde:

- $Q$  = Caudal máximo en m<sup>3</sup>/s;
- $I$  = Intensidad media de precipitación sobre toda el área drenada para una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h;
- $A$  = Área de la cuenca en ha;
- $C$  = Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente  $C$  se ha utilizado de acuerdo a las sugerencias dadas en el Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.

**Coeficiente de escorrentía:**

Los coeficientes de escorrentía en la zona varían de valores del orden de 0.4 a 0.7

Para calles pavimentadas(calzadas y aceras), Parqueaderos y techos	0.8
Patios y terrenos no desarrollados	0.2
Áreas mixtas se interpola, usando la relación:	$C=0.2 + 0.006$ IMP%

El porcentaje de impermeabilidad IMP%, se debe evaluar mediante visitas de reconocimiento en la zona de interés.

De acuerdo al plan maestro de alcantarillado y agua potable para la ciudad de Quito:

Uso del suelo	Coeficiente de escurrimiento
Zonas comerciales e institucionales densas	0.77
Zonas comerciales e institucionales suburbanas	0.67
Zonas industriales	0.65
Zonas residenciales multifamiliares (edificios de apartamentos)	0.62
Zonas residenciales unifamiliares (casas aisladas)	0.59
Terrenos boscosos	0.1
Parques, cementerios, terrenos agrícolas	0.2

**El tiempo de concentración:**

Se utilizará la ecuación del tiempo de concentración utilizada por el SCS (Soil Conservation Service):

$$tc = 3.42 \cdot L^{0.8} \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \cdot \left( \frac{S}{100} \right)^{-0.5}$$

Donde:

CON = Número de Curva  
S = Pendiente media de la cuenca  
L = Longitud del cauce

Los cálculos de los caudales de crecida se los ha realizado para un período de retorno de 25 años para los colectores y 50 años para las alcantarillas y estructuras asociadas.

Los resultados se indican en los cuadros anexos a este informe.

**b) El método de hidrogramas Unitarios Sintéticos**

En cuanto a los hidrogramas unitarios sintéticos, el modelo HIDRO1, elaborado en la Escuela Politécnica Nacional y usado ampliamente en el país, integra variables hidrológicas como: lluvia, condiciones antecedentes de humedad, capacidad potencial de infiltración de los suelos y tiempos de concentración; y variables físicas como: área de las cuencas aportantes en el escurrimiento, pendiente media, cobertura vegetal y longitud del cauce principal.

Dentro de la modelación se considera a la duración de la tormenta igual al tiempo de concentración en el punto de análisis, en cuyo caso la totalidad del área de la microcuenca se encuentra aportando su escurrimiento a este punto.

El modelo HIDRO1 utiliza el método del "U.S. Soil Conservation Service" para la generación de crecidas. Considera dentro de sus parámetros más importantes el número de curva (CN), el cual es un indicador de la capacidad de escurrimiento directo del área aportante. Para obtener este factor existen tablas pre-elaboradas para diferentes combinaciones hidrológicas-suelo-vegetación.

El número de curva varía en un rango muy amplio, dependiendo de la condición de humedad antecedente (CHA). Comúnmente en la práctica se utiliza la condición de humedad antecedente tipo II (terrenos en condiciones medias de humedad) y III (terrenos casi saturados), descartando el tipo I (terrenos casi secos), esto último debido a que las crecidas extremas en general se producen en épocas lluviosas en las que se presentan días previos de lluvias que tienden a saturar los suelos y acrecentar los caudales picos. Para valorar el peso de estas variables se utilizará una condición media alta (II-III), esto implica de dos a tres días previos de lluvia.

El Anexo adjunto, presentan los resultados de la modelación del programa HIDRO1 para la condición indicada.

El patrón temporal de lluvia, es decir la distribución de la lluvia en el tiempo, que se ha empleado es aquel que considera que la mayor cantidad de precipitación ocurre en el primer cuartil de los gráficos de distribución temporal de lluvias propuesto por Huff.

#### 4.2 CURVAS Y ECUACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Se cita primeramente los estudios realizados en esta zona

Según las investigaciones de EMAAP-ORSTOM (Proyecto SISHILAD), las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las estaciones pluviográficas ubicadas en la zona de estudio son:

Estación	Latitud Sur	Longitud oeste	Altitud msnm	Ecuación IDF
Dac Aeropuerto	0°8'24"	78°29'6"	2794	$I = \frac{55.666T^{0.09}}{t^{1.66}} [\ln(t+3)]^{4.165} [\ln T]^{0.1}$
La Tola	0°13'46"	78°22'00"	2480	$I = \frac{39.90T^{0.09}}{t^{1.93}} [\ln(t+3)]^{5.39} [\ln T]^{0.11}$

Donde:

- $T$  = Período de retorno en años  
 $t$  = Tiempo de concentración en minutos  
 $I$  = Intensidad en mm/hora

Para las distintas parroquias ubicadas dentro del Distrito Metropolitano de Quito, la EMAAP-Q, propone las siguientes estaciones representativas con coeficientes de disminución de la Intensidad de precipitación con el área de cobertura de tormenta:

Parroquias	Estación Pluviométrica	Coefficiente Ki
Pomasqui, calderón	Dac-Aeropuerto	0.8
Guayllabamba, llano Chico	Dac-Aeropuerto	1.0
Zámbiza, Nayón, Cumbayá, Puembo	Dac-Aeropuerto	1.0
Yaruquí y Tumbaco	Dac-Aeropuerto	1.0
Guangopolo	Quito-Observatorio	1.0
Conocoto, Alangasí, La Merced	Quito-Observatorio	1.0
Pifo	La Tola	1.0

#### 4.3 ESTUDIO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Se puede diferenciar entre el micro drenaje y el macro drenaje dentro de la zona de interés.

El presente estudio realiza su análisis enfocado al micro drenaje, que considera el estudio de áreas de aporte pequeñas, cuyo escurrimiento puede ser controlado, conducido y descargado mediante obras civiles de drenaje menor. Dentro de esta definición, se realiza el análisis de áreas importantes que incluso llegan al páramo pluvial oriental, necesario para la correcta determinación de caudales de diseño.

El macro drenaje, por tanto no será motivo del presente estudio, es decir el análisis de las crecidas de los ríos importantes como: Río Guayllabamba, Río San Pedro, Río Chiche, Río Guambi y Río Uravia.

#### 4.3.1 Zonas de vida por las que atraviesan las alternativas propuestas

Holdridge en 1947 como producto de observaciones comparativas entre la vegetación natural y factores climáticos, dentro de un rango muy amplio de medio ambientes geográficos, concluyó en una clasificación, la cual el PRONAREG dentro del Programa Nacional de Regionalización Agraria, consideró para la división de zonas de vida en el Ecuador.

Los trazados viales dentro del estudio presente, se encuentran dentro de las siguientes zonas de vida:

- Bosque seco montano bajo (9)
- Estepa espinosa Montano-Bajo (5)

Sin embargo se debe tomar en cuenta que áreas de aporte al drenaje de la alternativa Sur, tienen aporte de:

- Páramo Pluvial (24)

En las tierras de fuerte pendiente, los criterios de manejo de laderas deberían enfocarse hacia la protección contra la erosión, fenómeno que en su magnitud está sobrestimado, la forestación y reforestación serían los medios adecuados para afrontar el problema.

En estos sitios los suelos son muy superficiales, con síntomas evidentes hacia una desertificación por erosión eólica y mecánica por el pastoreo de ganado caprino.

Gran parte de estas zonas se encuentran dedicadas a la agricultura no diversificada, presentando épocas de no siembra o barbecho.

En las partes más secas de estas zonas de vida (5), han venido siendo aprovechados por siglos para el pastoreo de ganado especialmente de cabras. Por este pastoreo o sobre pastoreo, su vegetación ha sufrido una reducción apreciable en su densidad y composición florística, dando como resultado suelos muy expuestos o muy frágiles a la erosión eólica e hídrica.

Sobre las grandes laderas durante el invierno, el agua discurre aumentando su volumen y velocidad constantemente, causando una severa erosión laminar en el suelo. En las depresiones locales de estas laderas donde se recogen esta agua, se forman corrientes que cavan canales profundos y que llevan en suspensión una sobre carga de sedimentos. Hoy en día, tras años y años de prácticas ganaderas, explotación de leña y carbón, los suelos y la vegetación natural de esta formación, que deben actuar como agentes moderadores del ciclo hidrológico, están tan erosionados y degradados que semejan verdaderos paisajes lunares<sup>1</sup>.

El riego es por supuesto, una forma de intervención tecnológica que puede salvar la situación. Pero haya o no haya riego la constitución de una red boscosa o arbustiva es una necesidad, dentro de la cual se intercalaría los cultivos en forma diversificada<sup>1</sup>.

En resumen dentro de las zonas de vida se observa:

- Poca vegetación de protección ante la erosión eólica e hídrica de laderas, quebradas y cauces.

- La poca precipitación anual 600 mm, concentrada en pocos eventos anuales de grandes intensidades. El número de eventos de lluvias promedio es de 84.
- Las altas temperatura en el día y bajas en la noche que condicionan la adaptación de pocas plantas que ayuden a evitar la erosión. (formación de heladas)
- La tendencia hacia la urbanización, impermeabilizando los suelos y aumentando los caudales de crecidas.

Este panorama, presenta un escenario crítico de las cuencas. Las consecuencias de la inclusión de una infraestructura vial deben minimizar su afectación a esta zona; actualmente ya deteriorada. Los conceptos del diseño del drenaje deben no solo estar dirigidos al buen funcionamiento de la infraestructura proyectada sino también a mejorar las condiciones actuales del área de intervención del trazado vial dentro de la zona de vida.

#### **4.3.2 Determinación de los coeficientes de escorrentía y números de curva**

Los coeficientes de escorrentía dentro del micro drenaje, deben ser estimados de acuerdo al uso del suelo presente y futuro y de las características de los suelos como su permeabilidad. Basados en la caracterización de zonas por las que atraviesa el proyecto vial realizadas por el Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, e indicados en el literal IV.1.2.2 se utiliza los siguientes coeficientes y números de curva en el presente análisis:

- Zonas comerciales e institucionales densas  $C=0.77$   
Calles, aceras y parqueamientos públicos (35%)  
Zonas verdes, parques (5%)  
Techos y áreas impermeables (parqueaderos) (60%)
- Zonas comerciales e institucionales suburbanas  $C=0.67$   
Calles, aceras y parqueamientos públicos (30%)  
Zonas verdes, parques (10%)  
Techos y áreas impermeables (parqueaderos) (48%)  
Pacios y terrenos no desarrollados privados (12%)
- Zonas residenciales unifamiliares (casas aisladas)  $C=0.59$   
Calles, aceras y parqueamientos públicos (25%)  
Zonas verdes, parques (15%)  
Techos y áreas impermeables (40%)  
Pacios y terrenos no desarrollados (20%)
- Zonas y terrenos sin revestimiento impermeable  
Parques, cementerios y terrenos agrícolas  $C=0.2$   
Terrenos boscosos  $C=0.1$

En cuanto al número de curva; en el caso del macro drenaje se utiliza:

Grupos de suelo B, dentro de la clasificación hidrológica del Soil Conservation Service, los cuales consideran una infiltración moderada. Su profundidad es de media a profunda y comprenden arenas limosas y arcillosas<sup>3</sup>.

Grupo de suelos C, cuando están muy húmedos la infiltración es lenta, comprenden los suelos poco profundos que contienen arcillas y coloides.

De lo dicho, se concluiría que los suelos dentro del sector de estudio se encuentran en un rango intermedio B a C.

Aceptado lo indicado, se utiliza los siguientes números de curvas:

- Vegetación de páramo CN=72
- Terrenos cubiertos (agrícolas) CN=75
- Terrenos descubiertos (barbecho) CN=80
- Zonas impermeables (Urbanas) CN=90

#### 4.3.3 Delimitación y cálculo de las Cuencas de Drenaje

Para cada una de las tres alternativas propuestas se presentan los cuadros y figuras adjuntas a este informe, en los cuales se indica los límites de las áreas de aporte y su valor.

Para la delimitación de las áreas de aporte, primeramente se ha incluido las cunetas de coronación y determinado los puntos de entrega a colectores o cauces naturales. Esto, en coordinación con la necesidad de la seguridad geotécnica en los taludes de corte y la proyección de obras de drenaje.

Adicionalmente se ha mantenido como concepto guía, la no-afectación de los cauces naturales, motivo de descargas no controladas y mejor aún la mejora de las condiciones de equilibrio de los cauces naturales mediante colectores interceptores a lo largo de varios tramos de la vía.

#### 4.4 INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN Y CÁLCULO DE CAUDALES DE CRECIDA

Determinadas las áreas, se ha calculado las características hidrológicas como son el coeficiente de escurrimiento para áreas pequeñas o el número de curva para áreas grandes (mayores a 250 ha), el tiempo de concentración, las intensidades de lluvia de diseño basadas en las ecuaciones Intensidad-Duración-Frecuencia según las investigaciones de EMAAP-ORSTOM (Proyecto SISHILAD).

Los cálculos se los ha realizado en hojas Excel, y se presentan en los cuadros y figuras adjuntos a este informe, denominados **Anexo IV.1. Cuadros y figuras del estudio hidrológico**. Para áreas superiores a 250 ha, se ha realizado la corrida del modelo computacional HIDRO1, cuyos reportes se incluyen en dicho anexo.

## 5. ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

### 5.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Los accesos al Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito (NAIQ) atraviesan una depresión tectónica que comprende al Valle de Guayllabamba y que está limitado por fallas longitudinales de dirección principales Norte - Sur, al costado occidental; de dirección suroeste-noreste en el sector Oriental y otras pocas secundarias de dirección general este-oeste, como puede observarse en el Mapa Geológico Regional anexo.

Las fallas marginales que limitan a la depresión Guayllabamba se evidencian por el cambio en la topografía y en la formación de depósitos de Pie de Monte, a más de afloramientos (vertientes) de agua.

Los taludes formados por los movimientos tectónicos han sido posteriormente afectados por episodios de tipo volcánico, con facies de acumulación y posteriormente disectadas por erosión hídrica.

Como parte de los fenómenos de acumulación en la zona deprimida merece una mención especial los aportes efectuados por el volcán Cotopaxi con grandes flujos de lahar (flujos de lodo), los cuales cambiaron la morfología de los valles del sector entre Sangolquí y Cumbayá, ubicados en el sector Sur occidental del Nuevo Aeropuerto.

Como parte de la formación de esta depresión cabe señalar la formación de depósitos lagunares ubicados en el sector de la Parroquia de Guayllabamba y otros y sectores al Norte y Este de esta población.

La región por la cual recorren los accesos al Nuevo Aeropuerto, tiene una geología muy próxima donde las actividades volcánicas potentes en el Cuaternario y Reciente, se depositaron capas de gran espesor de productos lávicos y piroclásticos, de los cuales, estos últimos constituyen los más extendidos en el área por acción transportadora de los vientos.

Las vías recorren, en su mayor extensión, por la Hoya del Guayllabamba, la cual como se dijo es una depresión de origen tectónico limitada al Este y Oeste por las cordilleras Real y Occidental, las cuales son producto de los levantamientos orogénicos y epirogénicos que actuaron desde el pre-Cretácico hasta el Cuaternario. Hacia el Sur la Hoya se limita con el Nudo de Tiopullo y al Norte con el Nudo de Mojanda Cajas.

En la zona objeto del estudio se encuentran materiales de origen volcánico representados por lavas andesíticas y depósitos vulcano sedimentarios conocidos como Cangahua, así como también materiales producto de la erosión especialmente fluvial y depósitos en lagunas.

Los fenómenos naturales antes indicados han sido los principales agentes que han modelado el relieve actual con dos rasgos principales:

- Zonas planas, producto de la acumulación de productos volcánicos transportados por el viento y sedimentados en las zonas de llanura preexistentes y sobre laderas en deposición periclinal;
- Las zonas de los valles de ríos y quebradas principales con pendientes longitudinales fuertes y en forma de "V", con flancos casi verticales, separación pequeña entre labios y grandes profundidades. Son los ríos y quebradas formadas en los depósitos vulcano sedimentarios que abarca la Formación geológica Cangahua.

## **5.2 LITOLOGÍAS**

Las vías al Nuevo Aeropuerto atraviesan por las siguientes formaciones volcánicas:

### **5.2.1 Volcánicos Guayllabamba (Pleistoceno) [P<sub>B</sub>]**

Se encuentran bien expuestos en el Río Guayllabamba, cerca de la población del mismo nombre.

Según R. Hoffstetter consiste en su totalidad de aglomerados y tobas aglomeráticas generalmente sin estratificación con presencia de andesitas porfiríticas. Las rocas constituyentes de los aglomerados varían desde unos milímetros hasta bloques de 1 a 2 metros de diámetro.

Suprayacen a la Formación Macuchi (no atravesada por la vías en estudio) y subyacen a los Sedimentos Chichi.

El espesor es mayor a los 800m.

### **5.2.2 Sedimentos Chichi (Pleistoceno) [P<sub>CH</sub>]**

El lugar tipo de esta formación esta ubicada en el sector del puente sobre dicho río en la Vía Tumbaco - Pifo.

Las vías en estudio la atraviesan en varios sectores. Según R. Hoffstetter, la litología de esta formación consiste de conglomerados, arena gruesa dura, capas de ceniza y tobas bien estratificadas.

El espesor de esta formación en el Sur es de aproximadamente 120m y disminuye gradualmente hacia el sector de Guayllabamba donde tienen entre 30 y 40m.

Esta formación puede dividirse en 2 unidades; la superior caracterizada por tefras interestratificadas, niveles de arena y paleocanales aluviales, con conglomerados de hasta 1 metro de espesor y la inferior con presencia de lentes discontinuos de arena, grava y cenizas negras. En los conglomerados predominan los clastos angulosos a subangulares de origen volcánico inmersos en una matriz arenosa. El tefra que tiene una granulometría fina y coloración crema, generalmente tiene entre 20 y 30 centímetros de espesor.

### **5.2.3 Formación Cangahua (Pleistoceno Superior y Holoceno) [Q<sub>C</sub>]**

Según R. Hoffstetter este depósito que puede considerarse en su mayoría como una toba volcánica, esta constituido por partículas finas especialmente de plagioclasas, hornblenda, augita y biotita y a veces cuarzo, es decir los elementos minerales constitutivos de las andesitas.

En la base de la Cangahua se presentan depósitos sedimentarios aparentemente formados por elementos volcánicos caídos en una laguna, es decir areniscas, lutitas y raramente conglomerados. Es muy característica en la base de la Cangahua la presencia de dos capas de pómez de aproximadamente 2 m de espesor cada una y separadas por una capa de tobas finas amarillentas de aproximadamente 3 m de espesor que marcan un horizonte de ubicación geológica y son considerados depósitos de nubes ardientes.

El origen de esta formación es vulcano sedimentario trasladado por los vientos y que se ha sedimentado en forma periclinal sobre el paleorelieve. Generalmente la Cangahua esta ausente en

el tope de las montañas y es más potente en los valles, manifestando su origen eólico, las Cangahuas son un producto en cantidad enorme de un período de intenso vulcanismo.

Esta formación es atravesada ampliamente por el sistema vial en estudio.

Estos depósitos sedimentarios de origen volcánico y transportados por los vientos, son en su mayoría suelos limo arenosos de grano fino a medio, color café amarillento con superficies endurecidas a causa de reacciones químicas entre los elementos constitutivos y aguas meteóricas.

En parte, el ambiente de deposición de estos sedimentos ha sido en lagunas de aguas dulces, temperadas y poco profundas.

Forman parte de la formación Cangahua, 2 estratos de lapilli (gravas de pómez blancas): la capa inferior tiene un espesor entre 2 a 4 m y la superior entre 1 a 2 m. Las capas de pumitas están separadas por cangahuas de un espesor medio de 2 m.

#### **5.2.4 Depósitos Laharíticos (Holoceno) [lh]**

Las erupciones del volcán Cotopaxi generaron corrientes de lodo que arrastraron enormes volúmenes de cantos rodados, bloques, arenas, gravas, inmersos en una matriz de limos y arenas y distribuidos en forma caótica, estos sedimentos (que llegaron hasta Esmeraldas) son atravesados únicamente por la ruta sur en el sector de Ilumbisi.

#### **5.2.5 Depósitos Coluviales (Holoceno) [ C ]**

Los depósitos coluviales se formaron por la deposición gravitacional de detritos de formaciones pre – existentes e inmersos generalmente en una matriz limosa. Son de edad actual y pueden encontrarse en todas las rutas estudiadas.

El mayor depósito ubicado se encuentra entre los ríos San Pedro y Chichi, donde se encuentran pequeños clastos de andesitas en matriz limo arenosa producto de la denudación del volcán Ilalo. La acceso sur lo atraviesa en aproximadamente 4 km.

#### **5.2.6 Depósitos Coluvio-Aluviales (Holoceno) [ c + a ]**

En estos depósitos pequeños fueron formados por la unión de clastos y cantos rodados de origen gravitacional y por acarreo. Son no consolidados y se los puede ubicar en algunas de las cuencas de los ríos.

#### **5.2.7 Depósitos Aluviales (Holoceno) [ a ]**

Son acumulaciones de cantos rodados, arenas y bloques mayoritariamente ígneos, no consolidados y que se observan en el fondo de algunos ríos.

#### **5.2.8 Sectores Deslizados [ A, P ]**

El sistema vial en estudio en general no atraviesa por sectores deslizados activos; sin embargo, en la alternativa Zámbriza cerca al cruce sobre el Río San Pedro, la vía atravesará un sector de deslizamientos estabilizados, cuyo talud superior debe ser protegido para evitar la caída de materiales sueltos en el vía.

### 5.3 GEOMORFOLOGÍA

La zona por la cual atraviesa el sistema vial al NAIQ se caracteriza por la presencia de un sector de laderas ubicadas al lado occidental de las vías y una serie de zonas planas debidas a la acumulación de sedimentos volcánicos y sedimentos fluvio – lacustres en zonas de topografía plana anterior.

Tanto las zonas de ladera como y especialmente las zonas de planicie han sido disectados por procesos fluviales a más de cambios de nivel de base de los ríos relacionados a fenómenos tectónicos, los cuales han acelerado el proceso, dando lugar a que las vertientes tengan valles encañonados en forma de V con pendientes naturales longitudinales fuertes, del orden del 10% a mayores.

De acuerdo a esto se pueden considerar varias unidades geomorfológicas:

#### Unidad de Llanura

Son las llanuras formadas por la acumulación de materiales volcano sedimentarios, de topografía plana y débil pendiente, Se observan áreas de sección alargada y ligeramente inclinadas hacia el norte y con pequeños basculamientos de poca pendiente inclinadas hacia el río Guayllabamba.

En los sectores más elevados de esta unidad geomorfológica se presentan tobas, lapilli, arenas finas y piroclastos en general, pertenecientes a la formación Cangahua.

#### Unidad de Sectores Deslizados Estables

Se encuentran en pequeña extensión en las proximidades a los ríos San Pedro y Guayllabamba. Son zonas onduladas con una pendiente que varía entre el 10 y 30% y están constituidas por Cangahuas y materiales coluviales.

#### Unidad de Sectores de Depósitos Aluviales

Son las zonas pequeñas de estos depósitos ubicadas en los ríos.

#### Unidad de Vertientes

En esta Unidad se integran las superficies abruptas en donde afloran los depósitos de la Formación Cangahua, Sedimentos Chichi y volcánicos Guayllabamba, con presencia además de depósitos coluviales de poco espesor ( 5m) y algunos deslizamientos activos que no son atravesados por ninguna alternativa.

La pendiente de esta unidad sobrepasa el 80% y es común encontrar ríos y quebradas encañonados en pendientes subverticales a verticales.

La profundidad de los sectores disectados en el sector de los ríos Urvia y Guayllabamba supera los 300m, disección cuya altura va disminuyendo hacia el sur e incrementándose hacia el norte.

### 5.4 MORFOLOGÍA DE LOS CALLEJONES DE LOS ACCESOS.

La morfología del callejón por el cual atraviesa el sistema vial al NAIQ, varía según la alternativa.

Para el **acceso Sur**, un primer tramo de aproximadamente 3km (20% de su longitud de 15,76 Km) discurre por una topografía entre ondulada y montañosa. El resto (80%) por sectores ondulados a planos, excepcionando los sitios de puentes donde la morfología es abrupta.

Para el **acceso Zámbriza**, la vía discurre por sectores planos a ondulados en un 70% aproximadamente de su longitud. El cruce cerca del Río San Pedro y Guambi en una longitud aproximada de 3km atraviesa una zona de orografía montañosa a escarpada.

El **acceso Norte A**, atraviesa por sectores abruptos correspondiente a las laderas de los ríos Guayllabamba y Urabia en una longitud total de los tramos, de aproximadamente 2 Km (15%) y por sectores ondulados en una longitud total aproximada de 4 km (30%) y sectores planos a ligeramente onduladas hasta 13+500.

El sector **B** de este acceso, de 3 km de longitud, atraviesa en un 80% por zonas planas y un 20% por zonas onduladas.

El sector **C** de este acceso, de 1,1 km cruza totalmente por zonas onduladas y el sector **D** (L=2.4 km) en un 50% por zonas planas; el resto por onduladas.

#### **5.4.1 Procesos Erosivos**

Los procesos erosivos que se observan en la zona de estudio del sistema vial, están íntimamente ligados a las litologías de la zona en análisis.

Los valores más sensibles a la erosión están en correspondencia con las vertientes naturales, siendo el sector del Río Uravía la zona de mayor sensibilidad.

Otro lugar con valores altos se localiza en el sector de la quebrada Santa Rosa y en la unión de las quebradas Tangafú en la unión con el Río Guambi; es decir los procesos erosivos son más marcados hacia los sectores Norte del proyecto.

Los procesos erosivos son de tipo exógeno, endógeno y antrópico. Fenómenos como erosión eólica, desprendimientos y presencia de cárcavas, son testimonios de la acción erosiva presente en un sector de clima subtropical seco.

#### **5.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El área por las cuales recorrerá el sistema vial al NAIQ está afectada por la presencia del megabloque de la depresión de Guayllabamba, el cual está limitado por un sector de fallas con dirección principal N50°E y otras N30°W. Un segundo sistema tiene dirección N-S y un tercero de presencia eventual, de dirección E-W.

En todo el sector de las alternativas, existen lineamientos geológicos que sugieren la presencia de fallas geológicas (algunas con características regionales) y que se hallan en parte cubiertas por los depósitos volcánicos cuaternarios y también por fallas geológicas observadas en el terreno.

Las fallas geológicas que se observan en el Mapa Geológico anexo, son indicativas de la presencia de que en sus alrededores existen zonas fracturadas y que están dispuestos en forma paralela al lineamiento.

El grado de afectación de estas discontinuidades geológicas a las obras es variable y depende de la obra a ser construida. Para el caso de los taludes de la vía, el eje de ésta cruza en un 95%

perpendicularmente al plano del sector de falla y la afectación será pequeña, al igual si la altura del talud de corte es baja, la ingerencia de la zona fallada es baja.

Para los sectores de la vía donde existe paralelismo entre al plano de la falla y el plano del eje de la vía, la inestabilidad del talud de corte (y normalmente del relleno también) se evidenciará a corto plazo y en mayores proporciones cuando el corte es alto ( $h > 15$  m)

Los taludes de ríos próximos a estos sectores fallados son zonas débiles por la presencia de fracturas paralelas a la dirección principal de la falla, por lo que se considera indispensable en la fase definitiva, efectuar reconocimientos geológicos para, de ser el caso, modificar el trazado del proyecto o recomendar medidas constructivas adecuadas para la estabilidad. En lo posible, debe evitarse el trazado de la vía con dirección paralela al plano de las fallas o diaclasas.

### **5.5.1 Fallas geológicas**

Son numerosas las fallas que han sido evidenciadas o que muy posiblemente existen bajo la cobertura de piroclastos en la zona por la que atraviesan todas las alternativas.

El sistema vial en estudio cruza por el mega bloque de la depresión Guayllabamba afectado por un sistema de fallamiento en general de dirección norte-sur en el costado occidental y sur occidente - noreste en la zona oriental cercana al Nuevo Aeropuerto. Otro sistema principal de fallamiento tiene dirección occidente-oriente.

Es preciso indicar que los rasgos estructurales que afectan el área estudiada tienen injerencia en los procesos erosivos de las rutas.

#### **5.5.1.1 Acceso Sur**

La falla de Ilumbisí (de importantes características geológico-estructurales) atraviesa en forma diagonal a este acceso, en la abscisa 0+150.

Los cortes en el sector fallado son de poca altura y por ello se considera que las afectaciones a la vía serán pequeñas a inexistentes.

Una falla geológica (cubierta por depósitos laharríticos) cruza la vía en 3+900 sin generar problemas de estabilidad u otros como afloramientos de acuíferos, por ejemplo.

En 5+500 cerca al sitio de cimentación del estribo del puente sobre el río San Pedro, las evidencias morfológicas indican la presencia de una falla que ha controlado la dirección de dicho río. Es una falla de varios kilómetros de extensión.

#### **5.5.1.2 Acceso Zámiza**

Varias fallas afectan a este acceso en el sector del km 4 y que se prolongan entre las abscisas 4+900 hasta 5+700 aproximadamente. Otra falla existe en 13+100.

Dos de estos accidentes geológicos estructurales (del sector del km 4 y entre 4+900 hasta 5+700) tienen una dirección aproximadamente paralela a la dirección de la vía lo que implica la existencia de sectores fracturados y probablemente inestables en los taludes de corte elevados entre 5+200 hasta 6+400. Muchos de los taludes a ser cortados no propasan los 30 m de altura por lo que las implicaciones geotécnicas negativas en esos tramos es relativa y controlable con obras de estabilización de bajo costo.

El estribo izquierdo del puente sobre el río Guayllabamba (abscisa 6+580) podría estar afectado por sectores fisurados que forman parte del sector fallado que afecta el tramo entre 5+700 a 6+400. Para la fase definitiva de los estudios, se recomienda la ejecución de investigaciones profundas de las laderas para despejar las dudas sobre la estabilidad de este importante sector del Acceso.

Una falla de dirección diagonal al curso de la quebrada Alpachaca (13+100) podría haber afectado al sector del estribo derecho del puente sobre el río Guambi, dada su corta distancia de 250m aproximadamente. Igualmente, es necesario en la fase de diseño definitivo verificar las condiciones de estabilidad de este sector.

Para el relleno sobre la quebrada Alpachaca, la presencia de la falla indicada no tiene mayor incidencia.

#### 5.5.1.3 Acceso Norte

Una falla evidenciada en el campo, atraviesa perpendicularmente a este acceso en 2+150 aproximadamente donde los cortes son menores a 10m de altura. Sin embargo, entre 2+150 hasta 2+600 el plano del eje de la vía mantiene paralelismo con el plano de falla indicado, lo cual puede generar inestabilidad de las laderas de corte pese a que sus alturas de corte son pequeñas.

En la bibliografía consultada se indica la presencia de una falla de dirección norte-sur que cruzaría la vía en 4+400. Esta falla afectará poco al relleno planificado en la abscisa indicada.

En el río Urvia el acceso cruza perpendicularmente a una falla de tipo regional, de dirección NE-SW. Dado que en ese sector se construiría un puente, se considera indispensable revisar, en la fase definitiva de los estudios, las características de movilidad de esta falla.

Para el sector **B** de este acceso, una falla geológica de poca extensión, cruza la vía en 1+750 aproximadamente y no generará procesos de inestabilidad de las laderas, que además son de poca altura.

Los sectores **C** y **D** de este acceso, no atraviesan a fallas.

### 5.6 **SISMICIDAD**

Ecuador ocupa un territorio con actividad sísmica distribuida por todas las regiones y con eventos casi permanentes en todo el territorio.

Según el Mapa Sismo-Tectónico del Ecuador, (Plan Maestro de Electrificación, PMEE, INECEL, Quito, 1981, inédito) existen regiones con mayor actividad sísmica que otras, lo cual se evidencia por la mayor cantidad de eventos registrados en sectores tales como la cordillera de Los Llanganatis; sector Puyo-Palora; Latacunga; Manta; Portoviejo y Esmeraldas.

Según el Mapa antes indicado, la región del NAIQ se encuentra en un sector de sismicidad media aunque debe recordarse que en el sector de Pomasqui se han registrado numerosos sismos a manera de enjambre, lo cual debe ser considerado en los estudios definitivos del sistema vial al NAIQ.

El mapa mencionado ha sido elaborado con los datos históricos e instrumentales de los epicentros sísmicos compilados de los datos existentes en el Observatorio Astronómico de Quito y se ha

incorporado los lineamientos tectónicos existentes o comprobados a más de los lineamientos visibles desde imágenes remotas.

Haciendo uso del mapa antes mencionado, en el cuadrángulo comprendido entre los paralelos 0,17°N y 0,50°S y entre los meridianos 78,667°W y 78,000°W que rodean al centro del NAIQ (ubicado en las coordenadas 0,112°S y 78,359°W) se han detectado 80 eventos sísmicos de los cuales tan solo 13 permiten el cálculo de la aceleración sísmica.

La escasez de datos sísmicos para la zona del Proyecto, complica la estimación de ese riesgo y los epicentros que se indican son insuficientes para identificar estructuras sismotectónicas; además el número de eventos registrados es muy pequeño para estimar las proyecciones para períodos de 100 y 1000 años.

Bajo estas consideraciones, para la fase definitiva de los estudios la metodología de obtención de datos confiables debe partir de datos obtenidos desde una red microsísmica. Esto implica costos y principalmente tiempo, los cuales podrían no estar disponibles en este Proyecto, por lo que los cálculos y datos que se presentan tienen el carácter de preliminares y provisionales.

### 5.6.1 Datos obtenidos

En el Cuadro siguiente se presentan los datos de los seísmos registrados en la bibliografía indicada. Con los datos obtenidos del catálogo se ha procedido a establecer el mayor porcentaje de las magnitudes Richter registradas, así como el cálculo de la aceleración sísmica con el uso de las ecuaciones de Esteva y Patwardham para foco en zona de subducción.

FECHA (A. M. D)	LOCALIZACIÓN		PROFUNDI DAD (Km)	MAGNITUD RICHTER		
	LATITUD	LONGITU D		Mb	Ms	Otras
1587 09 04	-0,220	-78,500				5,7K
1587 09 08	-0,220	-78,500				7,0K
1590 04 01	-0,220	-78,500				4,3K
1626 00 01	-0,220	-78,500				3,7K
1627 06 26	-0,220	-78,500				4,3K
1628 05 15	-0,220	-78,500				4,3K
1651 12 04	-0,220	-78,500				4,3K
1656 01 01	-0,220	-78,500				4,3K
1660 10 27	-0,190	-78,590				5,7K
1660 12 00	-0,200	-78,600				5,0K
1661 01 01	-0,200	-78,500				5,0K
1661 12 01	-0,200	-78,500				4,3K
1662 01 01	-0,200	-78,600				3,7K
1662 03 00	-0,200	-78,500				5,7K
1662 11 23	-0,220	-78,500				3,7K
1678 01 05	-0,220	-78,500				4,3K
1728 10 01	-0,500	-78,200				4,3K
1740 08 27	-0,220	-78,500				4,3K
1740 09 12	-0,220	-78,500				3,7K
1740 09 14	-0,220	-78,500				3,7K
1740 09 16	-0,220	-78,500				3,7K
1741 06 14	-0,220	-78,500				3,7K
1755 04 26	-0,220	-78,500				3,7K
1755 04 27	-0,220	-78,500				3,7K
1755 04 28	-0,220	-78,500				3,7K
1755 04 28	-0,220	-78,500				6,3K
1755 05 00	-0,220	-78,500				3,7K
1764 07 15	-0,220	-78,500				4,3K
1775 06 24	-0,220	-78,500				4,3K
1859 03 22	-0,220	-78,500				6,3K
1891 10 23	-0,220	-78,500				4,3K
1895 10 00	-0,510	-78,450				3,7K
1895 10 02	-0,220	-78,500				4,3K
1896 05 03	-0,220	-78,500				3,7K

FECHA (A, M, D)	LOCALIZACIÓN		PROFUNDI DAD (Km)	MAGNITUD RICHTER		
	LATITUD	LONGITU D		Mb	Ms	Otras
1897 01 09	-0,220	-78,500				3,7K
1898 06 24	-0,220	-78,500				3,7K
1898 06 25	-0,220	-78,500				3,7K
1898 07 24	-0,220	-78,500				3,7K
1903 01 25	-0,220	-78,500				3,7
1903 01 27	-0,220	-78,500				3,7
1903 06 09	-0,220	-78,500				4,3K
1904 02 25	-0,220	-78,500				3,7K
1905 05 22	-0,220	-78,500				3,7K
1906 08 16	-0,220	-78,500				3,7K
1907 06 01	-0,220	-78,500				4,3K
1911 05 13	-0,050	-78,450				
1911 05 13	-0,050	-78,450				
1914 05 31	-0,530	-78,410				6,3K
1914 06 07	-0,530	-78,650				
1914 06 07	-0,530	-78,650				
1915 09 22	0,100	-78,700				5,0K
1922 05 01	-0,220	-78,500				5,7K
1923 02 05	-0,500	-78,560				6,3K
1929 07 25	-0,510	-78,500				
1929 07 25	-0,510	-78,530				6,3K
1934 05 24	-0,500	-78,100				
1934 12 13	0,130	-78,420				5,0K
1936 08 26	-0,050	-78,450				4,3K
1938 08 10	-0,310	-78,450				7,2K
1938 08 26	-0,050	-78,420				4,3K
1938 08 26	-0,050	-78,450				7,2K
1938 08 10	-0,310	-78,420				4,3K
1949 09 12	-0,050	-78,450				
1955 01 05	0,000	-78,000			6,0	
1955 07 20	0,200	-78,400				3,7K
1960 08 06	-0,222	-78,500				4,68
1964 06 09	-0,170	-78,950	55	4,8		5,8
1967 03 02	-0,160	-78,600	122	5,8		4,3B
1968 12 23	0,190	-78,200	55	4,3		4,3
1970 07 18	-0,230	-78,650	71	4,6		4,4B
1973 01 13	-0,450	-78,020	35	4,4		
1976 10 04	-0,710	-78,610	51	5,1		
1976 10 05	-0,670	-78,770	55	5,0		
1976 10 06	-0,760	-78,750	33	5,7		
1976 11 29	-0,530	-78,600			5,0	
1978 06 07	-0,710	-78,300	9	4,8		
1983 06 04	-0,530	-78,440				4,3B
1983 06 04	-0,400	-78,100	33	4,3		
1984 04 22	-0,100	-78,400	33	4,5		4,6B
1986 01 21	-0,190	-78,100	33			
1986 11 23	-0,110	-78,500	33	5,3		

**Nota:** Mb = Calculados con ondas corpóreas  
 Ms = Calculada con ondas de superficie  
 K = Magnitud obtenida de los datos de intensidad MSK y formula de Richter

El número de datos obtenidos para el sector en estudio y hasta el año de 1986 es de 80 medidas de sismos registrados instrumentalmente o deducidos por relatos históricos.

### 5.6.2 Rangos de magnitudes

Los rangos de las magnitudes Richter indicadas en el siguiente cuadro son arbitrarios pero permiten observar los mayores niveles de magnitud tanto instrumental como histórica que ha tenido la región y que corresponde a valores entre 4,2 a 5,5 de magnitud Richter.

Rangos de Magnitudes Richter (incluidas las magnitudes históricas)	Número de Eventos Sísmicos	%
3,0 a 4,1	23	28,7
4,2 a 5,5	28	35,0
5,6 a 6,5	10	12,5
> 6,5	3	3,75
No indicada	16	20,00
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>100%</b>

De los datos de las magnitudes registradas se tiene que el valor más alto del sismo es de 7,2 Richter, ocurrido en 1938 - 08 - 10. Lastimosamente el Catálogo no indica la profundidad del hipocentro, lo que no permite efectuar el cálculo de la aceleración sísmica con este valor, pero si es un indicativo de que la aceleración sísmica calculada tentativamente en este estudio, con las ecuaciones indicadas debe ser la de más alto valor.

Los valores más altos de magnitud y que indican la profundidad del hipocentro y la ubicación geográfica del epicentro son:

	Magnitud Richter	Fecha sismo	Ubicación	Profundidad epicentro (Km)
Máxima Magnitud (sin profundidad foco)	7,2	1938 08 10	-0,310 ; -78,420	?
Máxima Magnitud (con profundidad foco)	5,8 5,7	1967 03 02 1976 10 06	-0,160 ; -78,600 -0,760 ; -78,750	122 33

### CALCULO APROXIMADO DE LA ACELERACIÓN SÍSMICA Sismos registrados con las máximas magnitudes

Máxima magnitud (Richter)	Fecha del evento	Ubicación		Profundidad del hipocentro (Km)	Aceleración al centro del Aeropuerto (g)	
		Paralelo	Meridiano		Esteva	Patwardham
5.8	1967,03,02	-0,160° S	-78,600°W	122	0.03	0.07
5.7	1976,10,06	-0,760° S	-78,750°W	33	0.15	0.23

De acuerdo con los cálculos efectuados, la aceleración sísmica aproximada para la zona de las nuevas vías estaría comprendida entre 0.15g a 0.23g (225,6 cm/s<sup>2</sup>) este último valor obtenido con uso de la ecuación de Patwardham para foco sísmico en la zona de subducción, en roca.

#### 5.7 ESTRUCTURAS SISMO-TECTÓNICAS

En Ecuador, las estructuras sismo-tectónicas de la región costanera así como las de la cordillera Real son de relativa fácil identificación; no así las existentes en el callejón interandino las cuales se hallan cubiertas por espesos depósitos volcánicos finos.

El siguiente análisis ha sido muy gentilmente proporcionado por el Ing. Patricio Ramón, científico del Instituto Geofísico de la EPN para uso en estas vías.

Sus observaciones, muy válidas para los propósitos de este estudio preliminar de riesgo sísmico indican lo siguiente.

« MARCO TECTONICO

El Ecuador se localiza en una región de alta sismicidad controlada por la subducción de la placa oceánica Nazca, bajo la placa continental de América del Sur y la interacción de éstas con la placa Caribe (Fig. 1). Los Andes septentrionales del país están directamente afectados por los sistemas de fallas que se proyectan desde Colombia, relacionados con el límite de placas entre el Bloque Norandino y Sudamérica.

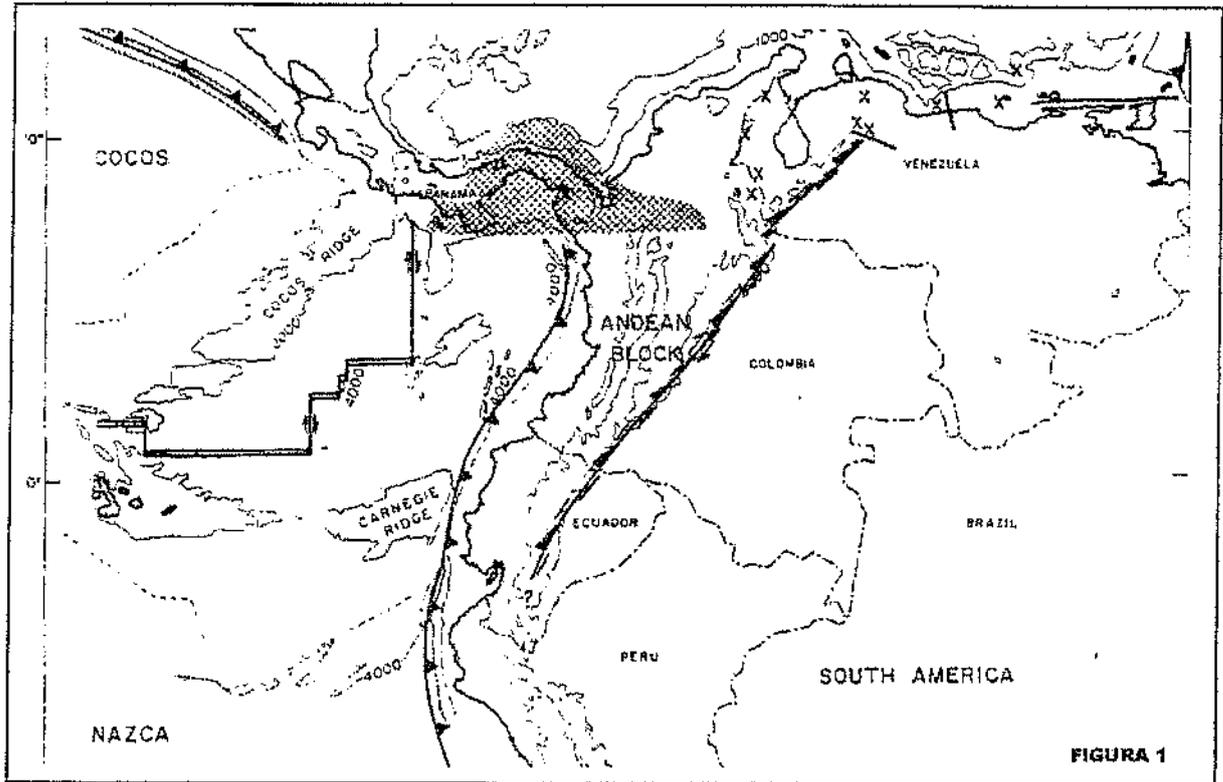


Figura 1: Esquema Tectónico Regional (Modificado de Pennington, 1981)

El fallamiento transcurrente dextral es el más importante, con dirección NE-SW a NNE-SSW y mostrando una geometría casi paralela a la cadena montañosa andina. Considerando la longitud del sistema de fallas, su papel de límite de placas de estilo intracontinental y su rata de desplazamiento estimada entre 4 y 8 mm/año, el sistema tiene un alto potencial sismogénico regional. Las fallas del sistema dextral interactúan con las fallas inversas o transpresivas de la zona subandina, con las fallas inversas del Callejón Interandino y con aquellas del piedemonte al oeste de la Cordillera Occidental, las cuales tienen direcciones preferenciales N-S, las cuales tienen una rata de desplazamiento en el orden de 1 mm/año. Estos sistemas de falla son los más importantes a ser considerados dentro de la evaluación del proyecto del nuevo Aeropuerto de Quito.

Las fallas del sistema de piedemonte andino oriental son esencialmente inversas de dirección N-S y absorben parte del empuje E-W de la placa continental.

En la Costa se destaca el sistema de fallas transpresivas dextrales e inversas de Jama-Mache-Esmeraldas, que limitan al oeste la cuenca de ante-arco. Otras fallas menores tienen dirección NW-SE y son transpresivas sinistralas e inversas.

## NEOTECTONICA

Dentro del contexto regional, para el presente trabajo se presentan los principales sistemas de fallas activas que son considerados de mayor influencia para la zona del Proyecto (y del sistema vial al NAIQ), y se incluyen las estructuras de importancia identificadas en este trabajo (Fig. 2).

### **Sistema Mayor Transpresivo Baeza - Reventador**

Limita al Oeste el Levantamiento Napo y define la denominada zona subandina y está relacionado con el sistema de fallas que constituye un límite de placas, que se proyecta desde Colombia con el sistema Algeciras - Sibundoy - Chingual.

Consiste de segmentos de fallas transpresivas de dirección NE-SW graduando a inversas de rumbo N-S, separadas por fallas con componente dextral dominante, tal como se muestra en la Figura 2

Segmento Río Salado: Corresponde a las fallas inversas de rumbo N-S entre las fallas Cascabel y Yaguana. En base al análisis morfológico de mapas e imágenes, así como los datos bibliográficos indican una importante actividad. Por otra parte, a este segmento se atribuyen los sismos de marzo de 1987, que aportaron un mecanismo focal de falla inversa (Yépez et al, 1994).

Segmento Santa Rosa: Corresponde a las fallas inversas entre las fallas Yaguana y Tres Cruces. Las fallas presentan una morfolología clara de falla inversa, con relieves abombados y abundantes deslizamientos antiguos y modernos asociados. Por otra parte las fallas separan parcialmente los conjuntos semimetamórficos cretácico - paleógenos (Yépez et al, 1994).

Segmento Baeza - Borja - El Chaco: Se trata de una zona fuertemente tectonizada con fallas inversas hacia el piedemonte y fallas transpresivas dextrales controlando el río Quijos a lo largo de la margen occidental, y se muestran en la hoja de Baeza (Yépez et al, 1994).

Se han identificado escarpes pronunciados, lomos de presión, bloques basculados, drenajes represados y drenajes desplazados. De hecho se trata de una zona de fallas formada por varios ramales interconectados, que de acuerdo a su orientación pueden funcionar como inversas o transpresivas. Debe notarse que las fallas activas han retomado una zona de fractura ancestral que parece haber funcionado con una cinemática transpresiva sinistral en el Plioceno (Yépez et al, 1994).

Segmento Cosanga - Chonta: Este segmento está constituido, por las fallas inversas de Cosanga de rumbo NNE-SSW, la falla transpresiva sinistral de Chonta y la falla desactivada Huacamayos. Estas fallas han formado la cuenca de Cosanga, con una historia más antigua, habiéndose formado probablemente como una cuenca de "pull-apart".

La expresión morfológica de estas fallas es muy clara, indicando una actividad importante, con manifestaciones de actividad microsísmica muy persistentes (Yépez et al, 1994).

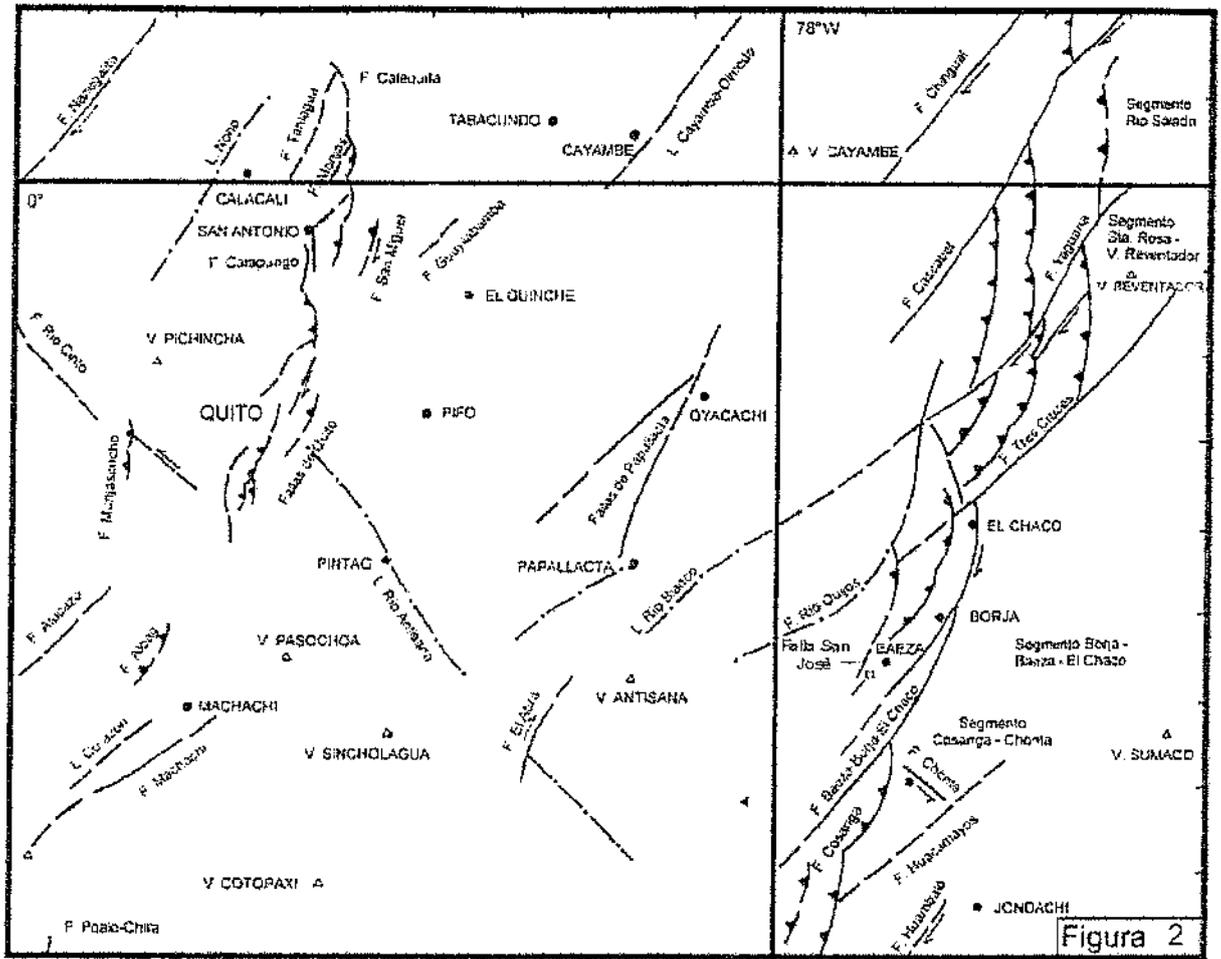


Figura 2: Esquema de los principales sistemas de fallas activas alrededor del Proyecto

### Fallas de la región de Papallacta

*Están probablemente relacionadas con una ramificación del sistema principal. Consiste de fallas esencialmente transcurrentes dextrales de rumbo NE-SW, aunque algunos segmentos menores que interactúan, presentan rumbos NW-SE graduando a E-W. Son fallas intra cordilleranas y no definen ninguna zona morfológica particular a escala regional.*

*Fallas de Papallacta:* El ramal oriental de la bifurcación de la falla Chingual, está representado en la zona por las fallas de Papallacta. En el sector del valle del río Papallacta se han definido una serie de lineamientos que en el terreno muestran una continuidad morfológica. En su mayoría tienen dirección NE-SW que flexionan a un rumbo aproximado N-S. Los procesos de glaciación, bien desarrollados en el área han borrado en parte las evidencias morfológicas de la actividad (Yépez et al, 1994).

*Falla El Abra:* Uno de los segmentos más importantes de este sistema se proyecta desde el sur del nevado Cayambe hacia Oyacachi, donde se bifurca en dos ramales NE-SO, uno de ellos se dirige hacia la laguna de Micacocha, al sur del nevado Antisana (Eguez et al, 1991).

*En la zona de la laguna de Micacocha, las manifestaciones más impresionantes de este sistema de fallamiento se encuentran en la zona de El Abra, donde se reconoce un sistema de varias fallas de rumbo, las que desplazan dextralmente a las lomas de Chimborazo Tola y Huasipata en una*

distancia aproximada de 500 m. Siguiendo la traza de estas fallas se pueden observar lomos de presión, cuchillas desplazadas, desplazamientos en los cursos de los ríos Jatunhuaycu y Antisana; todos estos rasgos evidenciando la actividad reciente de este sistema de fallas y el sentido de los movimientos, aunque no tan evidentes como se puede observar en otras zonas del país como es el caso de la Falla Chingual o la Falla Pallatanga, donde se puede asegurar una actividad actual. (Ramón et al, 1998)

#### **Sistema de Fallas de Quito y Guayllabamba**

Pertencen al sistema de fallas del Callejón Interandino y básicamente tienen una fuerte componente inversa que se manifiesta con fracturas y plegamientos que controlan la morfología con relieves y drenajes alineados en dirección preferente N-S. Por su cercanía a la zona del Proyecto, las características de algunas de ellas se presentan a continuación.

Falla de Quito: La falla de Quito, anteriormente denominada falla de Ilumbisi por algunos autores, consta por lo menos de tres segmentos que se corresponden morfológicamente con las colinas de Puengasí, Ilumbisi y Batán - La Bota. Las evidencias morfodinámicas presentadas por Soulas et al. (1987; 1991) para falla inversa, fueron sustentadas con observaciones de varias evidencias reportadas por Ego (1992), y son principalmente: flexuramiento de las capas, trazo de falla sinuoso que sugiere un ángulo de buzamiento de 50° a 70° al oeste, escarpe inestable con deslizamientos frecuentes y activos, fallas normales gravitacionales, morfología de copa de vino en las quebradas transversales (EPN-PETROTRANSPORTE, 1991).

Los segmentos Puengasí al sur y Batán - La Bota al norte, presentan morfologías similares que corresponden a falla inversa pura, en tanto que el segmento central de Ilumbisi muestra además componente dextral y se presenta desplazado hacia el este, con saltos posiblemente relacionados con la una posible falla a lo largo del río Machángara.

Falla de San Miguel: Esta estructura forma el límite este del bloque Calderón - Bellavista, habiendo provocado probablemente los grandes deslizamientos que se localizan en la margen oeste del río Guayllabamba, antes de su confluencia con el río Pisque. Presenta un trazo curvo y una cinemática inversa siniestral. Pequeñas fallas inversas de dirección E-W y WNW-ESE que se observan en el río Guayllabamba, aguas abajo del puente de la carretera Panamericana, pueden constituir las conjugadas del sistema principal. Desplazamientos laterales en las quebradas, al pie del escarpe de falla permiten estimar una velocidad menor que 0,5 mm/año (EPN-PETROTRANSPORTE, 1991).

Por su ubicación muy cercana a la cabecera norte del nuevo aeropuerto es de gran importancia al mismo.

Otras fallas de este sistema son las Fallas de Carapungo, Falla Catequilla, Falla de Monjas, Falla Tanlagua, Falla Guayllabamba-Río San Pedro y la Falla de Alóag entre otras.

#### **Sistema de Fallas del Noroccidente**

Constituyen la prolongación del sistema de Cauca Patía en Colombia, que se proyecta desde el oeste de Tulcán (Falla de San Isidro) de manera oblicua a la cordillera. Son fallas esencialmente transcurrentes con rumbo predominante NE-SW. De importancia para el proyecto son las fallas de Nanegalito y de Nono, las que se las describe brevemente.

Falla Nanegalito: La falla de Nanegalito, descrita por Eguez y Yépez (1993), se observa desde el río Guayllabamba al norte hasta el río Mindo al sur y corresponde a una zona de falla de hasta 1.5 km de

ancho con una dirección NE-SO. Su prolongación septentrional en los ríos Quinde y Azabi muestra rasgos de actividad. Evidencias de su actividad recientes han sido observadas en la zona de Nanegalito, donde se observa un desplazamiento dextral en el río Alambi; el intrusivo de Nanegalito y el basamento de la Cordillera Real también demuestran haber sido afectados por esta zona de falla. Igualmente parece existir un desplazamiento dextral en el lineamiento del río Alambi, ubicado hacia el oeste de esta falla. La evidencia superficial en la falla de Nanegalito demuestra movimiento dextral, de donde se estiman velocidades de falla entre 1 y 2 mm/año.

En las cercanías de Mindo, la falla Nanegalito se prolonga en varios lineamientos, los que se dirigen hacia el Suroeste, sin embargo cuando atraviesan los sedimentos de la formación San Tadeo en las cercanías de Los Bancos, pierden su identidad y no pueden ser reconocidos, demostrando muy probablemente que los mismos son inactivos, o que por lo menos su actividad ha cesado a partir de la deposición de dicha formación.

Falla de Nono: Es una falla transcurrente que se prolonga en dirección NE, atravesando las inmediaciones de la población del mismo nombre en donde presenta hasta dos trazas. Trabajos recientes indican que la tasa de movimiento de esta falla es del orden de 1 mm/año (Soulas et al, 2001)

Otras fallas importantes de este sistema constituyen las Fallas de Apuela, Huayrapungo y Otavalo.

#### **Otras Estructuras**

Se menciona a los lineamientos Río Blanco-Río Antisana y lineamiento Río Quijos, por las repercusiones que podrían tener en la seguridad de las obras en caso de que resulten ser fallas activas.

Lineamientos Río Blanco - Río Antisana: El lineamiento Río Blanco ha sido controlado en su intersección con el Río Papallacta, sin haber encontrado evidencias de actividad. Podría tratarse de una estructura antigua lo cual se puede aclarar con estudios geológicos más detallados. Igualmente, para el caso del lineamiento Río Antisana a lo largo del río del mismo nombre, en el flanco oeste del volcán. Aparte de un direccionamiento de los flujos en el flanco, no se encontró evidencias de actividad (Yépez et al, 1994).

Lineamiento Río Quijos: Este lineamiento ha sido controlado a lo largo del río Quijos, aguas arriba de su confluencia con el río Papallacta. Se han definido algunos rasgos compatibles con actividad reciente (escarpes y lomos anómalos), pero se notó también una coincidencia con la foliación de las rocas metamórficas, por lo que podría tratarse de un control estructural - litológico (Yépez et al, 1994).

Lineamiento del Río Guambi: Durante el reconocimiento de campo efectuado para el presente trabajo (de riesgo sísmico del NAIQ) se pudo detectar la presencia de evidencias de fallamiento activo a lo largo del Río Guambi, al oeste de la planada del sitio del nuevo Aeropuerto (Fig. 3). Esta estructura requiere de una mayor investigación con objeto de determinar si se trata de una falla activa y que podría tener potencial sismogenerador de efecto para las obras del nuevo aeropuerto. Igualmente, en el mismo sentido se deben investigar ciertas evidencias encontradas en el Río Uravía, en el límite de la cabecera norte del sitio.

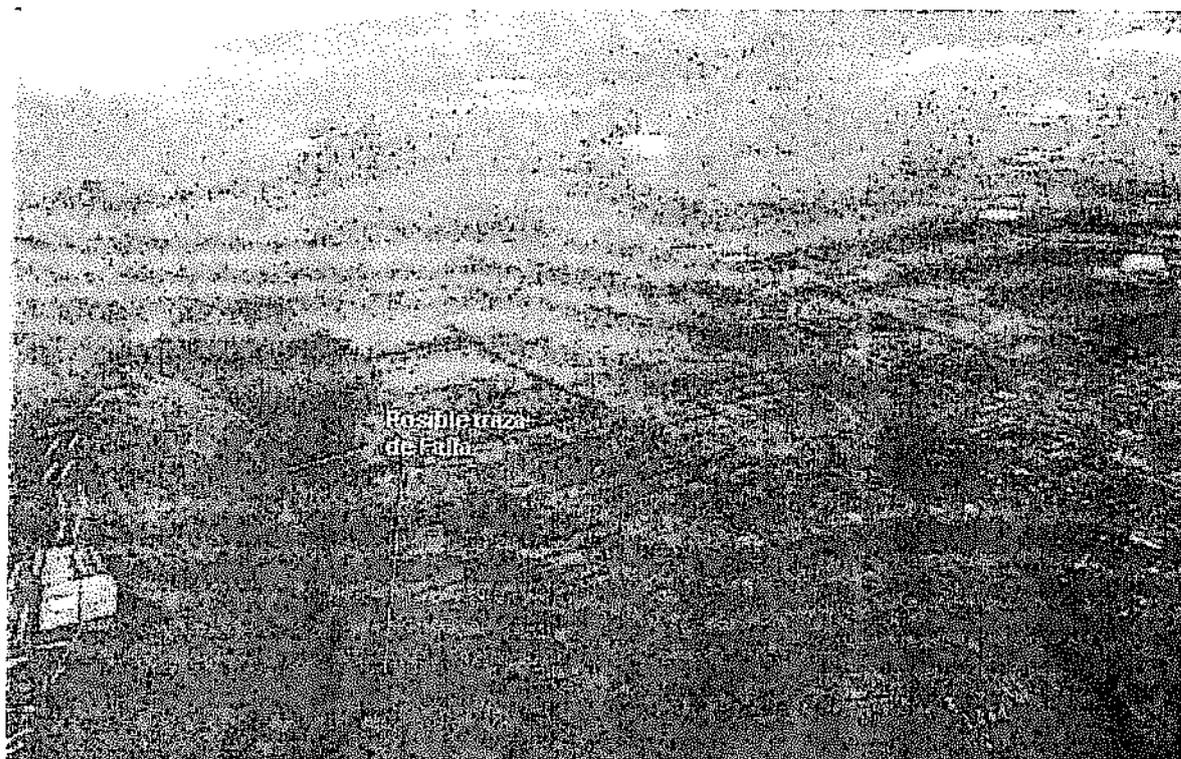


Figura 3: Trazo de posible Falla a lo largo del Río Guambi. Al fondo se indica ubicación de Falla San Miguel

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. CONCLUSIONES

Son varios los ambientes geológicos donde se deberían esperar los terremotos más importantes provenientes de la deformación de la corteza continental y que podrían afectar al sitio del nuevo Aeropuerto de Quito y obras de arte (puentes) del sistema vial.

El Sistema de fallas del Frente Andino Oriental tienen una dirección preferente  $N10^{\circ}E$  transfiriendo la deformación que tiene lugar en el Bloque Norandino, desde el sistema Pallatanga-Pisayambo, de rumbo  $N50^{\circ}E$ , hacia el sistema de la Falla Chingual, localizado ya en la frontera colombo-ecuatoriana y de rumbo también  $NE$ . Esta dirección las fallas del Frente Andino hace que funcionen en un régimen transpresivo, como se evidenció en los terremotos de 1987. Los segmentos en que parecen dividirse las fallas transpresivas las hace capaces de generar terremotos de magnitudes cercanas a 7, sin descartarse la posibilidad de magnitudes mayores.

La falla Chingual muestra morfológicamente su importancia como un rasgo muy activo, con velocidades estimadas de 7 mm/año, pero que no ha presentado actividad microsísmica durante la década pasada. De todas maneras, esta falla constituye la de mayor potencialidad de generación de magnitudes mayores que 7.5 en el país, como ya se ha dado en siglos pasados en su prolongación hacia el Norte en la zona de Sibundoy.

Cercanas a la zona de interés, las fallas inversas del Callejón Interandino constituyen también ambientes neotectónicos generadores de terremotos a lo largo de un sistema de fallas activas caracterizado por segmentos de pocas decenas de kilómetros de extensión. Por este motivo, sus

sismos característicos son de magnitudes cercanas a 6, pero muy superficiales, lo que produce aceleraciones altas a pesar de la moderada magnitud de los terremotos.

En lo que respecta a la placa Nazca, al Norte de 2°S penetra oblicuamente en dirección Este hasta profundidades no mayores que 200 km, lo que ha sido demostrado por la distribución en profundidad de la sismicidad regional y local.

El segmento Ecuador-Colombia de la subducción ha sido capaz de producir grandes terremotos en la fosa, distinguiéndose varios sismos muy grandes ( $M_s > 8$ ) registrados en la historia del país, como los de 1906 y 1942. La magnitud y duración de estos terremotos puede dar lugar a problemas de amplificación local, en especial en los contenidos bajos de frecuencia de las ondas sísmicas.

## 2. RECOMENDACIONES

Es muy importante estudiar de manera específica y detallada las fallas activas recopiladas en la presente investigación, en especial aquellas que podrían tener efecto sobre las obras a construirse, esto permitirá posteriormente incluir esos datos en las evaluaciones del peligro sísmico para el diseño sismoresistente de las obras.

Las evidencias de fallamiento activo encontradas en el Río Guambi, como en el Río Uravía, dada su cercanía al sitio del nuevo Aeropuerto, deben ser estudiadas adecuadamente por especialistas neotectónicos, quienes definirán el grado de actividad de las mismas, e incluirlas en la evaluación del peligro sísmico.

## REFERENCIAS

- EGO F., 1992. *La tectónica activa en el norte de los Andes ecuatorianos.*, Inf. no publicado, EPN-IFEA., 10p.
- EGUEZ A., & YEPEZ H., 1993. *Estudios Sismotectónicos y de Peligro Sísmico para el Proyecto Hidroeléctrico Chespi.* INECEL., 61 p.
- EPN-PETROTRANSPORTE 1991. *Estudio de riesgos geológicos para el oleoducto transecuatoriano en el tramo Papallacta-Chiriboga.*, PETROTRANSPORTE, Quito.
- RAMÓN P., & YEPEZ H., 1998. *Estudios de Sismotectónica y de Peligrosidad Sísmica para el Proyecto Hidroeléctrico Ocaña.* Quito, 34 p.
- SOULAS J.P., YEPEZ H. & EGUEZ A. 1987. *Guía de la salida de campo del Curso de Neotectónica para fines de riesgo sísmico.*, Proyecto UNDRO-EPN, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 12 p.
- SOULAS, J.P., YEPEZ H., EGÜEZ, A., PÉREZ, V. H., 1991. *Tectónica activa y riesgo sísmico en los Andes Ecuatorianos y el extremo sur de Colombia.*, Bol. Geol. Ecuat., 2, 1, pp. 3-11.
- YEPEZ H., EGUEZ A., BONILLA F., PLAZA G., RUIZ M., FERNÁNDEZ J., 1994. *Evaluación del Peligro Sísmico. Proyecto Hidroeléctrico Quijos.* Quito, p. 67. »

En cuanto al “Análisis de los Riesgos Existentes” (Fuente: “Síntesis de la Información Geológico-Geotécnica disponible en el tramo de la vía interoceánica entre El Batán y el barrio Bolaños”, numeral 4.1) se indica:

*“... se resume que el área puede ser afectada por eventos sísmicos que tendrán intensidades MSK mayores al grado VII. La aceleración máxima asumida por la consultora para un periodo de retronode 475 años ...es de 0,273g a nivel de roca; se asume sin embargo, una excedencia del 10% al valor citado...”* es decir que la aceleración máxima asumida es de 0,3g

En el mismo documento se señala que el dato antes indicado de aceleración sísmica (0,3g) es inferior a los obtenidos para el Proyecto Ríos Orientales (Yépez y Ramón, 2000) el cual está entre 0,34 g y 0,387g

En conclusión, la aceleración sísmica para las obras de arte mayores del sistema vial al NAIQ estaría comprendida entre 0,24g y 0,30g.

## **5.8 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA DE LOS CALLEJONES DE LOS ACCESOS AL NAIQ**

Las descripciones geológico-geotécnicas de los Accesos pueden ser observadas en los Planos geológico-geotécnicos de cada acceso y que se presentan en anexo.

### **5.8.1 Acceso Sur**

#### **5.8.1.1 Recomendaciones Generales**

Este acceso presenta un alto nivel de estabilidad, pues la orientación geométrica de la vía en relación con los valores de las pendientes naturales transversales, los tipos de suelos que serán atravesados y la altura de los taludes de corte y relleno, han sido muy bien estructurados.

De presentarse en la fase de construcción sectores inestables, estos serán de poca extensión y fácilmente remediados y probablemente estarán relacionados con fenómenos de erosión eólica e hídrica que afectan notablemente a los tramos de arenas y lapillis.

#### **5.8.1.2 Tipo de suelos**

Gran parte de este acceso recorre por territorios de la formación Cangahua, cuyos suelos son mayoritariamente del tipo ML de la clasificación SUCS, es decir limos de baja plasticidad. También es frecuente la presencia de suelos de tipo ML-CL y SM (limos arcillosos, inorgánicos de baja plasticidad y limos arenosos), los cuales sobrepasan el 90% de los suelos existentes.

De estudios efectuados por el MOP (“Autopista Quito-Alóag-Jambelí”, Asociación Adec-Astec-Consulplan-Ica-Inelin, Quito, Vol. 1b) “... la subrasante del proyecto está emplazada en el macizo de cangahua... de espesor bastante grande...” (pág. VI-42).

“Los estratos a nivel de la subrasante tienen las siguientes variaciones de acuerdo a su clasificación:

CLASIFICACIÓN SEGÚN S.U.C.S.		CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO	
TIPO	%	TIPO	%
SM	22	A-4	87
ML	31	A-6	9
ML-CL	25	A-7-6	2
L	20	A-5-1	2
CH-MH	2		
	100		100

“Los valores del Índice de Grupo presentan una media aritmética de 2,7 con desviación estándar de 3,75. Los valores del CBR dan una media aritmética de 50,56% con 14,42 de desviación estándar....El CBR de diseño (al 90% de la curva de frecuencias) es del 36%. Los límites líquidos varían entre 23 y 53%; los Índices plásticos entre 0 al 19% ...”

“De esto se puede concluir que los suelos son bastante favorables para la construcción del Proyecto”

En cuanto a estabilidad de laderas en estos materiales, en el Informe antes mencionado se indica:

“...cabe recalcar que la bondad de las condiciones del subsuelo a lo largo del proyecto, facilitará la construcción de terraplenes y rellenos y originará factores de seguridad altos para los taludes de corte” (pág. VI-50)

#### 5.8.1.3 Estabilidad de laderas

En cuanto a estabilidad de laderas, los parámetros físico-mecánicos fundamentales con los cuales se ha definido el valor de los factores de seguridad son (pág. VI-60):

- Cohesión (c) entre 6,50 y 12 T/m<sup>2</sup>
- Ángulo de Fricción interna (  $\phi$  ) entre 38,07° y 46,43°
- Humedad natural (w) entre 13,37% y 20,45%
- Peso unitario en estado natural (  $\gamma_n$  ) entre 1,829 y 1,927 T/m<sup>3</sup>

Los cálculos efectuados han determinado que “En ningún caso el factor de seguridad es menor que 1,5; en efecto, el valor más bajo calculado es de 1,674 correspondiente a un talud 0,25:1 (H:V) para una altura de talud de 20 m”

Para la inclinación de los taludes en relleno, los cálculos efectuados con los parámetros físico-mecánicos obtenidos en ensayos triaxiales sobre muestras remoldeadas han definido los siguientes factores de seguridad (Cuadro C-VI-6b; pág. VI-74) en función de la altura e inclinación de los taludes:

Inclinación talud (H:V)	1:1			1:1,5			2:1		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Factor Seguridad	3.74	2.57	2.19	4.37	3.21	2.76	5.04	3.75	3.27

Los factores de seguridad anteriores son los más bajos y han sido obtenidos de cálculos con los siguientes parámetros físico-mecánicos:

- Cohesión (c) 6,50 T/m<sup>2</sup>
- Ángulo de Fricción interna (  $\phi$  ) 6,50°
- Humedad natural (w) entre 20,45%
- Peso unitario en estado natural (  $\gamma_n$  ) entre 1,844 T/m<sup>3</sup>

- Peso unitario seco s) 1,531 T/m<sup>3</sup>

Dado que los suelos loésicos como la Cangahua son susceptibles a ser erosionados profundamente por corrientes de agua, es indispensable que el área de exposición de los taludes a las lluvias sea la menor posible, por lo que un talud de relleno con inclinación 1,5:1 satisface las condiciones de estabilidad y duración.

De lo antes indicado se puede concluir que los suelos son bastante favorables para la construcción del proyecto vial.

#### 5.8.1.4 Taludes Ríos Chichi v Guambi

##### *Río Chichi*

El tablero del puente proyectado se encuentra en la cota aproximada 2433msnm y el contacto entre la formación Cangahua y los Sedimentos Chichi se ubican aproximadamente en la cota aproximada 2410 msnm. Sobre el contacto se ubican 2 estratos de lapilli cuyas características geotécnicas son pobres para cimentación de estructuras y poco resistentes a al erosión.

Se observa en algunos sectores del talud la presencia de grietas (posiblemente causadas por distensión), las mismas que han sido investigadas por el MOP, 1979, con la ejecución de galerías que han permitido establecer la naturaleza y posibles niveles de incidencia de esas fisuras en el diseño de la cimentación del puente.

Con dicho propósito se ha excavado en el extremo inferior del talud derecho del Río Chichi, una galería de 9 m de profundidad en material "de lahar" (posiblemente en la Formación Chichi), habiendo sido descubierta una grieta a 1,30 m, la cual desaparece gradualmente hacia el interior, lo que ha sido interpretado por los ejecutores del informe del MOP como grietas superficiales y causadas posiblemente por descompresiones.

Los mismos autores concluyen que estas grietas no constituyen riesgo dentro de la concepción estructural de los puentes.

#### 5.8.1.5 Descripción geológica-geotécnica de este acceso

Esta ruta atraviesa en un 90% de su recorrido (de 15,76km) por depósitos volcánicos volcano sedimentarios relacionados con la formación Cangahua y depósitos de lahar, coluviales y aluviales ubicados principalmente en el Río San Pedro. Los depósitos de la formación Chichi son cortados por la vía en una longitud inferior al 10%.

##### *Tramo 0+000 hasta 0+500:*

Atraviesa depósitos coluviales de un espesor estimado en menos de 10m. y conformado por clastos andesíticos fundamentalmente inmersos en una matriz de suelo limo arenoso de color habano cuando seca a café en estado húmedo; de plasticidad media.

Estos depósitos coluviales descansan sobre la formación Cangahua y deben su origen al desprendimiento gravitacional de detritos desde las zonas más elevadas al inicio de esta vía.

En el sector cercano a 0+0200 la hoja geológica Sangolquí indica la existencia de la Falla Lumbisí, de una extensión superior a los 30km. Los alrededores a esta falla geológica constituyen un sector sensible debido al elevado número de fracturas relacionadas con esta Falla principal. Sin

embargo, dadas las condiciones topográficas y de pendientes naturales transversales al eje de la vía, este sector es estable para los fines de corte de los taludes (que son de alturas menores a 5m.) y con ausencia de niveles freáticos, lo cual favorece la construcción en este tramo.

*Tramo 0+500 hasta 3+100:*

La vía recorre por territorios de la formación Cangahua, la cual en los estudios geológicos regionales se la identifica como "...Como depósitos de toba y ceniza bastante extenso y con una litología constante, que forma un manto de aproximadamente 30m de espesor. Cerca de la base se presentan dos capas de piedra pómez principales: La inferior entre 2 a 4m de espesor, la superior de 1 a 2m, las dos separadas por una capa de toba. Las capas basales de la Cangahua en el Valle de Tumbaco están bien estratificadas y parecen haber sido depositadas en agua y probablemente representan un periodo de caída de toba en una laguna encima de los sedimentos Chichi...El contacto entre la toba y los sedimentos Chichi es concordante" (hoja geológica El Quinche, DGGM, Quito 1980, E = 1/50000).

En el tramo no se ha observado procesos de inestabilidad y los cortes que se ejecutarán serán protegidos con bermas ante eventuales procesos de erosión eólica.

*Tramo 3+100 a 4+200:*

Cabe señalar que desde 2+750 hasta 3+950 la vía ha sido proyectada en relleno. El cual iría cimentado sobre depósitos laharíticos conformados por bloques, cantos, arenas, volcánicos e inmersos en una matriz tobácea y que poseen unas buenas condiciones de capacidad portante.

Por las características morfológicas del sector no será necesaria la implementación de obras de drenaje especiales.

A partir de 3+950 la vía atravesará en un pequeño sector de 250m de longitud por depósitos de corrientes de lahar.

No se ha observado la presencia de niveles freáticos altos.

*Tramo 4+200 a 4+900:*

La vía cortará limos arenosos de la formación Cangahua, cuyas características geológicas son similares a las indicadas en el tramo 0+500 a 3+100

*Tramo 4+900 a 5+420:*

Corresponde al sector del Río San Pedro y en el que pueden observados los siguientes depósitos en sentido de avance del proyecto.

Desde aproximadamente 4+900 hasta 5+150 se observa un depósito coluvial de poco espesor como producto del desprendimiento gravitacional de fragmentos de cangahuas endurecidas inmersos en tobas blancas arenosas. Un pequeño sector del descenso al puente sobre el Río San Pedro cruza por cangahuas estables donde se observan pequeños lentes de arenas volcánicas finas.

Los dos sectores antes descritos son estables, sin embargo, será necesaria la implementación de una berma que proteja a la vía de pequeños deslizamientos que se produzcan.

Desde aproximadamente 5+250 hasta 5+450 se observa la presencia de un depósito elevado de material aluvial y laharrítico suprayacentes a cangahuas competentes.

El depósito aluvial esta conformado por cantos y arenas todos de origen ígneo unidos a clastos angulosos y bloques andesitos balsáticos oscuros y otros negros posiblemente provenientes de la erupción del volcán Cotopaxi.

*Tramo 5+420 a 8+200:*

El puente sobre el Río San Pedro tiene una longitud proyectada de 200m.

Desde 5+620 aproximadamente hasta el final de este tramo la vía recorrerá por depósitos coluviales modernos a actuales en los que se observa clastos de rocas andesíticas y fragmentos de suelos endurecidos transportados e inmersos en una matriz de suelos limosos y tobáceos.

El espesor de estos depósitos coluviales modernos se estima es inferior a los 5m y suprayacen a tobas y arenas volcánicas de la formación Cangahua.

*Tramo 8+200 a 9+800:*

La vía atravesará por zonas de corte en tobas en algunos tramos con sectores endurecidos pertenecientes a la Formación Cangahua descrita anteriormente.

*Tramo 9+800 a 10+450:*

La vía en este tramo atravesará los denominados sedimentos Chichi, conformados por conglomerados redondeados, arenas volcánicas duras y gruesas, capas de cenizas y tobas bien estratificadas.

Un gran exponente de estos materiales puede observarse en los taludes bajo el tablero de puente metálico sobre el Río Chichi en la vía Tumbaco – Pifo.

*Tramo 10+450 a 15+763:*

La vía cortará tobas y limos de la formación Cangahua descrita anteriormente.

Dada la topografía ondulada de suaves pendientes transversales y longitudinales este tramo no tendrá ningún problema de inestabilidad en las laderas, pues además estas tienen poca altura de corte, en general menores a 10m.

Las características son similares a las descritas anteriormente para esta formación.

#### 5.8.1.6 Geología Estructural

El trazado de este acceso cruza la Falla de Ilumbisi y 3 probables fracturamientos.

##### *Falla de Ilumbisi*

La Falla de Ilumbisi, con características regionales, cruza en forma diagonal al trazado de este acceso en el sector cercano a 0+200. Por sus características regionales debe considerarse como un sector fallado el tramo entre 0+000 hasta 0+400.

Dadas las características topográficas del terreno y del diseño de este acceso en este sector, la presencia de la Falla no afectará la estabilidad de los taludes de corte, los que además tienen alturas pequeñas,  $h < 5m$ .

#### *Fallas Probables*

Se encuentran atravesando en forma casi perpendicular al trazado de esta alternativa en 3+900, coincidiendo con un relleno.

La probabilidad de existencia de esta falla es menor, dado que su trazado ha sido obtenido por lineamientos fotogeológicos del depósito de lahar que cubre a las cangahuas.

Otra posible falla se localiza en 5+150 aproximadamente, cerca al estribo izquierdo del puente sobre el Río San Pedro y ha sido trazada por las diferencias geomorfológicas observadas en el terreno.

La vía cruza en sentido diagonal a esta falla y son pocos los niveles de riesgo para la estabilidad de las laderas.

#### **5.8.2 Acceso Zámbriza**

Esta ruta de 13,53 km recorre en un 90% de su longitud por sectores de suelo limo arenosos pertenecientes a la formación Cangahua y en un 10% por depósitos coluviales y volcano-sedimentarios de la formación Chiche.

Al inicio de este acceso la orografía del callejón es ondulada en los primeros 4 Km. para luego pasar paulatinamente a ondulada y montañosa en una extensión de 4,5 Km. (aproximadamente entre 4+000 a 8+500) A partir de 8+500 el acceso recorre zonas topográficas planas.

Existen sectores cercanos al río Guayllabamba (tramo entre 4+800 a 6+500) donde la vía irá por un sector plano, relativamente estrecho y con taludes descendentes hacia el lado Este, caída que luego cambia hacia el lado Oeste. La vía sería emplazada en el cambio de pendiente entre sectores planos correspondientes a un macrodeslizamiento estabilizado y los taludes naturales de pendientes transversales del orden entre  $20\% < M < 60\%$

#### *Tramo 0+000 a 4+000*

La vía recorre por suelos limo arenosos color caqui a marrón en estado húmedo, competentes y compactas, con valores altos de portancia a nivel de subrasante.

En el tramo no han sido observados niveles freáticos ni manantiales.

Las pendientes naturales transversales del proyecto son del orden del 40% al 60% y las alturas de corte sobrepasan los 40m en 4+000. Por las alturas de corte en este tramo y dada la posibilidad de presencia de estratos de arenas y lapillis, se ha considerado adecuado recomendar la construcción de bermas impermeables con desagües no erosivos.

#### *Tramo 4+000 a 4+400*

Se ha planificado la construcción de un túnel vial de 400 m de largo y 13m de diámetro. Esta excavación posiblemente excavaría sedimentos volcánicos de la Formación Chiche la cual, por su

constitución aglomerática necesitará de un ademe continuo y con un proceso de excavación que deje poca distancia entre el frente de excavación y el entibado.

Para la fase de diseño definitivo se recomienda la ejecución de sondeos y galerías de exploración que permitan diseñar un sistema de excavación óptimo y el ademe más adecuado.

*Tramo 4+400 a 6+600*

En este sector la vía atraviesa por un sector macrodeslizado actualmente estabilizado y que es cruzado por 3 fallas principales:

- Una falla ubicada al lado noroccidental del macrodeslizamiento, el cual está limitado al lado NW por una falla de dirección N45°E. La vía en este sector está relacionada con esta fractura geológica entre 4+900 hasta 5+800 aproximadamente y se considera de afectación relativa pues en el terreno no se ha observado la presencia de manantiales ni de deslizamientos relacionados. La falla indicada va por el cambio topográfico entre el sector plano y los taludes naturales ubicados en el lado norte;
- Una falla de dirección aproximada N40°W que cruza casi perpendicularmente al eje de la vía en 5+700 aproximadamente;
- Una falla de dirección aproximada N60°E que no llega al corredor mismo de la vía pero está a aproximadamente 150m de distancia y que se conjuga con la falla de dirección N45°E

En el macrodeslizamiento se observa la presencia de depósitos coluviales en superficie y que están compuestos por los mismos suelos que componen la formación Cangahua: limos arenosos de plasticidad media, color habano a café cuando húmedos, con estratos de arenas volcánicas y lapillis y retrabajados.

La movilidad que ha experimentado este sector, represó en tiempos del Holoceno, la confluencia de los ríos San Pedro y Chiche y probablemente está relacionado con la confluencia de 2 fallas geológicas y por las características de colapsibilidad de las cangahuas o loes. Este macrodeslizamiento tiene similitud con el deslizamiento ocurrido en 1989 en el río Pisque.

Subyacente al depósito coluvial compuesto por materiales de la formación Cangahua, afloran en los taludes naturales del río San Pedro conglomerados de la formación Chiche y bajo ellos aglomerados y tobas aglomeráticas de los Volcánicos Guayllabamba. La vía únicamente cortará los suelos loésicos deslizados de la formación Cangahua.

Pese a la presencia evidente de fallas geológicas, en la zona de la vía ni en los taludes cercanos han sido localizados manantiales.

*Tramo 6+600 a 7+000*

Se encuentra el puente sobre el río Guayllabamba.

El valle en el sector de esta obra tiene una geometría aproximadamente simétrica con cambios de pendientes coincidentes con las litologías observadas:

- En los taludes cercanos al cauce, se observa la presencia de litologías similares a las de los Volcánicos Guayllabamba; los taludes son cercanos a la vertical. Sobre las rocas de la formación anterior se ubican los depósitos de la Formación Chiche, con taludes que varían en

inclinación entre 50° a 60° respecto a la horizontal y finalmente los coluviales del macrodeslizamiento cercano con pendientes menores a las anteriores.

- La cimentación de las pilas y estribos del puente sobre este río, irían emplazadas sobre sedimentos volcánicos de la formación Chiche que no presentan evidencias de inestabilidad;
- Dada la presencia de fallas geológicas cercanas al estribo izquierdo del puente, es necesario efectuar inspecciones sobre su estado de fisuración.

#### *Tramo 7+000 a 9+100*

La vía atravesará por depósitos de la formación Chiche entre 7+000 hasta 8+500 aproximadamente y luego por depósitos volcano sedimentarios de la formación Cangahua hasta 9+100.

Las pendientes naturales transversales a la vía se presentan estables, sin embargo se considera adecuado construir los cortes de más de 10 m de altura, con bermas impermeables de 3 m de ancho y unidas a cunetas y obras de evacuación no erosivas.

En el tramo entre 8+500 a 9+100 es posible que en la construcción se encuentren los estratos de lapilli y arenas que caracterizan a la Formación Cangahua. En tal caso se ha recomendado la instalación de recalces que estabilicen los tramos de los afloramientos.

En este tramo no se ha observado la presencia de niveles freáticos.

#### *Tramo 9+100 a 13+500*

La vía recorrerá por suelos limo arenosos de la formación Cangahua en los cuales no se ha observado ninguna evidencia de procesos de inestabilidad ni de niveles freáticos altos o manantiales.

Entre 12+380 hasta 12+870 se encuentra el puente sobre el río Guambi.

El valle del río antes indicado tiene la forma de una "V" estrecha y profunda y cerca del cual existe una falla geológica que en este trazado vial coincidiendo con la quebrada Alpachaca. Esta falla tiene importancia pues los estudios de neotectónica antes indicados posibilitan que sea activa y que estaría relacionada con el río Guambi en los sectores al norte del cruce entre la vía y la quebrada Alpachaca.

Los estribos del puente sobre el río Guambi irían cimentados sobre suelos derivados de las cangahuas (limos arenosos con estratos de lapilli) y que probablemente no poseen en ese sector, condiciones geotécnicas adecuadas, siendo preferible cimentarlos sobre conglomerados de la formación Chiche subyacentes a las cangahuas. En la fase de diseño definitivo se debe definir esta conveniencia.

### **5.8.3 Acceso Norte**

#### **5.8.3.1 Acceso A**

La alternativa A de esta vía tiene una longitud aproximada de 13,64km y cruza por las siguientes formaciones geológicas:

*Tramo 0+000 a 0+800*

Este sector de la carretera va cercano al contacto geológico entre las tobas, limos, arenas finas y lapilli de la Formación Cangahua y los aglomerados y tobas aglomeráticas de la Formación volcánicos Guayllabamba.

El puente sobre el Río Guayllabamba tendrá como suelo de cimentación los aglomerados y tobas aglomeráticas de andesitas basálticas grises de los volcánicos Guayllabamba.

*Tramo 0+800 a 2+900*

La vía atraviesa los depósitos vulcano sedimentarios de la Formación Cangahua descritos anteriormente.

En superficie no se observa la presencia de zonas inestables.

*Tramo 2+900 a 3+200 aproximadamente*

Este pequeño tramo probablemente corta los Sedimentos Chichi, conformados por areniscas, conglomerados, tobas aglomeráticas que pueden formar escarpes prominentes de grandes alturas.

*Tramo 3+200 a 4+850*

La vía atraviesa por los depósitos Volcánicos Guayllabamba similares a los descritos anteriormente.

Desde 4+000 hasta 4+850, los depósitos Volcánicos Guayllabamba han sido cubiertos por tobas y arenas limosas finas de color blanquecino a café cuando húmedas y que cubren a los Volcánicos Guayllabamba.

Debido al incipiente o ningún grado de consolidación de las tobas y arenas que a manera de depósito de terraza cubren a los Volcánicos Guayllabamba, será necesaria la implementación de obras que protejan a la vía de deslaves pequeños producidos por erosión hídrica y eólica principalmente, los cuales afectan en gran medida estos depósitos de terraza.

Entre 4+850 hasta 5+150 la vía cruza por medio de un puente sobre el Río Urabia.

*Tramo 5+150 a 6+000*

La vía recorre los depósitos Volcánicos Guayllabamba a los que cubre un depósito de material tobáceo fino de un espesor menor a los 10m

Debido al incipiente o ningún grado de consolidación de las tobas y arenas que a manera de depósito de terraza cubren a los Volcánicos Guayllabamba, será necesaria la implementación de obras que protejan a la vía de deslaves pequeños producidos por erosión hídrica y eólica principalmente, los cuales afectan en gran medida estos depósitos de terraza.

*Tramo 6+000 a 7+600*

Este tramo atravesará las areniscas, aglomerados, tobas aglomeráticas de color blanco, que pertenecen a la Formación Chichi.

Los materiales de esta Formación presentan estabilidad para cortes elevados, pero la presencia suprayacente de tobas arenas volcánicas finas de la Formación Cangahua obliga a que se tomen medidas constructivas particulares entre 6+650 hasta 7+500, especialmente para la estabilización de probables sectores de lapilli.

*Tramo 7+600 a 13+646 (fin de la vía)*

La carretera cruzará suelos pertenecientes a la Formación Cangahua, es decir limos arenosos de plasticidad media a baja, de fácil compactación y unidas a lentes arenosos de poco espesor y estratos de lapilli.

*Geología Estructural*

En la información geológica publicada (Hojas Geológicas El Quinche y Sangolquí, DGGM, Quito 1984, E/50000), se indica la presencia de una falla probada de dirección Norte 15W y que cruzaría a este acceso aproximadamente en la abscisa 2+180.

De las observaciones efectuadas sobre el terreno por el que atravesaría este acceso no se ha encontrado evidencias de inestabilidad.

Otro lineamiento geológico y que de existir, atravesaría en forma perpendicular a la carretera, es en el sector 4+35.

En el sector del Río Urabia (abscisa 5+000) ha sido identificada una falla geológica cubierta de dirección preferente NW – SE y que de acuerdo a la información geológica publicada tiene más de 10 km de extensión y forma parte de un conjunto de fallas geológicas de direcciones aproximadamente paralelas a la antes indicada.

Para el sector de este acceso que cruza el Río Urabia se ha indicado como un sector de falla geológica.

**5.8.3.2 Acceso B**

Tiene una longitud de 3.03 Km y cruza desde su inicio en una longitud de 1700m aproximadamente por **depósitos lagunales (w)** conformados por arenas finas, tobas color crema a habano, conglomerados y limos depositados en lagunas de aguas dulces y templadas. Su comportamiento como suelo de subrasante es similar al de las tobas de los depósitos de cangahuas.

Desde la abscisa 1+700 hasta 2+100, la alternativa cruza por **sedimentos desordenados (S<sub>d</sub>)** compuestos por arenas finas volcánicas, limos, gravas estratificados, fallados y desordenados en profundidad y en extensión, a más de fuertemente plegados y que afloran en extensas superficies entre la población de Guayllabamba y el puente sobre el río Pisque.

En su comportamiento geotécnico en general son favorables como subrasantes pero en caso de cortes, debe considerarse la inclinación de los planos de los estratos sedimentarios respecto a la vía pues, en general, son inestables cuando dichos planos se encuentran en posición a favor del deslizamiento.

Desde 2+100 hasta el final de la alternativa, la carretera cruza por una mezcla entre **depósitos de terrazas y sedimentos desordenados**. En cuanto a su comportamiento geotécnico, son favorables

tanto como material de subrasante como por la estabilidad de sus laderas dada la poca altura de los cortes.

Todos los depósitos volcano sedimentarios descritos y que la alternativa B los atraviesa, son susceptibles a la erosión hídrica, por lo que las obras de evacuación de agua como descargas de cunetas, deben ser diseñadas y construidas para un comportamiento no erosivo.

#### 5.8.3.3 Acceso C

Tiene una longitud de 1,11 Km y discurre, en un primer tamo entre 0+000 hasta 0+250 aproximadamente por **depósitos de terraza** bien estratificados con presencia de cenizas, arenas volcánicas, cenizas, pómez con comportamiento similar al de algunos estratos flojos de cangahuas.

Desde 0+250 hasta 0+750 aproximadamente la vía cruza por **depósitos desordenados** similares a los descritos para la Alternativa B.

Desde 0+750 hasta el final, la vía atraviesa por un **depósito lagunal** de litología y comportamiento geotécnico similares a los indicados para la Alternativa B

#### 5.8.3.4 Acceso D

Esta Alternativa de 2,4 Km de extensión atraviesa por depósitos volcano sedimentarios de la formación Cangahua, es decir, suelos loesicos limo arcillosos con muy buen comportamiento como materiales para la excavación para vías y estables en sus taludes, pero que son susceptibles a la erosión hídrica, por lo que será necesario el diseño y la construcción de obras de encauzamiento de las aguas y descargas no erosivas.

### 5.9 ASPECTOS GEOTÉCNICOS RELACIONADOS CON LOS ACCESOS

#### 5.9.1 Características de los depósitos

##### 5.9.1.1 Cangahuas

El suelo principal predominante en los 3 accesos estudiados y en las Alternativas de la ruta Norte, es la **cangahua** (limos arenosos de plasticidad media, coloración café clara en estado seco a marrón en estado húmedo) y que tiene idéntico comportamiento físico mecánico con el loess, como puede observarse en su forma de fractura, en sus valores granulométricos e índices de plasticidad a más de la característica colapsibilidad.

Cabe señalar que por la definición geológica los loess y la cangahua tiene pequeñas diferencias, pero en lo que a geotécnica se refiere se los considera similares.

Las cangahuas tienen un espesor que sobrepasa en mucho los requerimientos de diseño, salvo en los sectores cercanos a puentes en donde la formación Chichi se encuentra cercana.

Los suelos constituidos por cangahua son muy sueltos y muy sensibles a ser erosionados por el viento y el agua. Además, (al igual que el loess) son suelos colapsibles por lo que todo escurrimiento de agua debe ser muy controlado.

En los afloramientos de cangahuas pueden observarse una distribución irregular tanto en longitud como en espesor, de lentes de arenas finas volcánicas y de lapilli (piedra pómez en diámetros

entre 1 mm a 5 cm; no consolidados) los cuales son muy deleznable y es frecuente la necesidad de confinarlos para evitar su desprendimiento e inestabilización de las capas de cangahua suprayacentes.

Normalmente las cangahuas tienen valores de capacidad portante alta a poca profundidad; sus valores de CBR igualmente son elevados con definiciones favorables para la construcción de proyectos viales.

De estudios efectuados por el MOP ("Autopista Quito-Alóag-Jambeli", Asociación Adec-Astec-Consulplan-Ica-Inelin. Quito, Vol. 1b) "... la subrasante del proyecto está emplazada en el macizo de cangahua... de espesor bastante grande..." (pág. VI-42).

"Los estratos a nivel de la subrasante tienen las siguientes variaciones de acuerdo a su clasificación:

CLASIFICACIÓN SEGÚN S.U.C.S.		CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO	
TIPO	%	TIPO	%
SM	22	A-4	87
ML	31	A-6	9
ML-CL	25	A-7-6	2
L	20	A-5-1	2
CH-MH	2		
	100		100

"Los valores del Índice de Grupo presentan una media aritmética de 2,7 con desviación estándar de 3,75. Los valores del CBR dan una media aritmética de 50,56% con 14,42 de desviación estándar....El CBR de diseño (al 90% de la curva de frecuencias) es del 36%. Los límites líquidos varían entre 23 y 53%; los Índices plásticos entre 0 al 19% ..."

"De esto se puede concluir que los suelos son bastante favorables para la construcción del Proyecto"

En cuanto a estabilidad de laderas en estos materiales, en el Informe antes mencionado se indica:

"...cabe recalcar que la bondad de las condiciones del subsuelo a lo largo del proyecto, facilitará la construcción de terraplenes y rellenos y originará factores de seguridad altos para los taludes de corte" (pág. VI-50)

#### 5.9.1.2 Estabilidad de laderas

En cuanto a estabilidad de laderas, los parámetros físico-mecánicos fundamentales con los cuales se ha definido el valor de los factores de seguridad son (pág. VI-60):

- Cohesión (c) entre 6,50 y 12 T/m<sup>2</sup>
- Ángulo de Fricción interna (  $\phi$  ) entre 38,07° y 46,43°
- Humedad natural (w) entre 13,37% y 20,45%
- Peso unitario en estado natural (  $\gamma_n$  ) entre 1,829 y 1,927 T/m<sup>3</sup>

Los cálculos efectuados han determinado que "En ningún caso el factor de seguridad es menor que 1,5; en efecto, el valor más bajo calculado es de 1,674 correspondiente a un talud 0,25:1 (H:V) para una altura de talud de 20m"

Para la inclinación de los taludes en relleno, los cálculos efectuados con los parámetros físico-mecánicos obtenidos en ensayos triaxiales sobre muestras remoldeadas han definido los siguientes factores de seguridad (Cuadro C-VI-6b; pág. VI-74) en función de la altura e inclinación de los taludes:

Inclinación talud (H:V)	1:1			1:1,5			2:1		
Altura talud (m)	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Factor Seguridad	3.74	2.57	2.19	4.37	3.21	2.76	5.04	3.75	3.27

Los factores de seguridad anteriores son los más bajos y han sido obtenidos de cálculos con los siguientes parámetros físico-mecánicos:

- Cohesión (c) 6,50 T/m<sup>2</sup>
- Ángulo de Fricción interna (  $\phi$  ) 6,50°
- Humedad natural (w) entre 20,45%
- Peso unitario en estado natural (  $\gamma_n$  ) entre 1,844 T/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco (  $\gamma_s$  ) 1,531 T/m<sup>3</sup>

Dado que los suelos loésicos como la cangahua son susceptibles a ser erosionados profundamente por corrientes de agua, es indispensable que el área de exposición de los taludes a las lluvias sea la menor posible, por lo que un talud de relleno con inclinación 1,5:1 satisface las condiciones de estabilidad y duración.

#### **Módulos**

Según las investigaciones realizadas para el Diseño de Pavimentos ("Carretera Interoceánica, Solución vial, en el Km 1; Informe Definitivo" IMMQ, 2005) la formación Cangahua y los suelos relacionados (limos arenosos; arenas finas volcánicas y estratos de lapillis) poseen los siguientes módulos:

UNIDAD	ROCAS	MODULOS (MPa)	
		Estático	Dinámico
Toba Superior	Tobas	210	1600
Toba intermedia	Tobas	210	1880
Toba Inferior	Tobas	370	2030

#### **5.9.1.3 Sedimentos Chichi**

Bajo esta denominación se conoce a los conglomerados redondeados oscuros, arenas volcánicas duras y gruesas, capas de cenizas y tobas que se exponen en los taludes del río Chiche, sector del puente metálico cerca de Puembo.

La condición geotécnica semi-litificada de estos sedimentos y que mantienen estables a los taludes prominentes (de más de 50m de altura) que forman el río Chiche son un indicativo de su estabilidad.

Salvo corrientes de agua muy rápidas o caudales muy altos, estos sedimentos resisten la erosión de pequeños caudales que corran sobre sus afloramientos.

Dada la condición semi-litificada de estos sedimentos, para la remoción debe preverse el uso eventual de explosivos y tractores equipados con escarificador.

Los taludes superiores a los 1° m de altura, más por seguridad ante la caída de fragmentos rocosos, deben llevar una berma de 3 m de ancho o muros de gaviones de poca altura (h=1m) atrapadetritos.

#### Módulos

Según las investigaciones realizadas para el Diseño de Pavimentos (“Carretera Interoceánica, Solución vial, en el Km 1; Informe Definitivo” IMMQ, 2005) la formación Chicche y sedimentos relacionados poseen los siguientes módulos:

UNIDAD	ROCAS	MODULOS (MPa)	
		Estático	Dinámico
Aglomerado volcánico	Tobas, brechas	141	2100
Aglomerado volcánico más compacto	Brechas	370	1010
Brecha tobácea	Brechas	5430	1890

#### 5.9.1.4 Volcánicos Guayllabamba

Son depósitos semi-litificados de aglomerados y tobas aglomeráticas no estratificadas conformadas por clastos de andesitas basálticas de diámetros entre 2mm hasta 2 m.

Presentan varios diaclasamientos y en sectores fallados principalmente, son susceptibles de derrumbamiento con la caída brutal de sectores de forma prismática. Esta característica debe ser tomada en cuenta en los cortes para a construcción de pilas de puentes principalmente.

Por la condición semi-litificada de los depósitos así como por la presencia de bloques de andesitas basálticas duras y resistentes, en la excavación será necesario el uso de explosivos y tractores equipados con escarificador.

#### Módulos

Según las investigaciones realizadas para el Diseño de Pavimentos (“Carretera Interoceánica, Solución vial, en el Km 1; Informe Definitivo” IMMQ, 2005) las litologías investigadas y que pueden relacionarse con las litologías existentes en los Volcánicos Guayllabamba, poseen los siguientes módulos:

UNIDAD	ROCAS	MODULOS (Mpa)	
		Estático	Dinámico
Brecha tobácea	Brechas volcánicas	5430	1890
Lava fracturada	Lavas	5150	4320
Brecha volcánica	Brechas	5430	1620

#### 5.9.1.5 Depósitos Coluviales

A los clastos rocosos o fragmentos de suelos tobáceos endurecidos y transportados y mezclados en una matriz generalmente limosa, se los conoce como coluvios.

Estos depósitos modernos pueden ser observados en muchos sectores de todos los accesos con variaciones significativas e sus espesores.

Por lo general están relacionados con los procesos de erosión de las laderas, especialmente de aquellas de Cangahuas.

#### 5.9.1.6 Depósitos Laharíticos

Los lahares son corrientes de lodo formadas por el aporte hídrico de grandes volúmenes de agua debido a la actividad volcánica que en los estudios que nos ocupa, corresponden al volcán Cotopaxi.

Estas corrientes de lodo corren por los valles y los rellenan, cambiando la orografía. En los estudios de los accesos, son atravesados por la Alternativa Sur

#### 5.9.1.7 Depósitos de terrazas

Bajo esta denominación se describe a las areniscas gruesas conglomeráticas, cenizas y pómez bien estratificadas cuyo probable origen está en la última erupción del volcán Pululahua.

Este depósito es atravesado por el Acceso Norte, Alternativas A, B y C.

#### 5.9.1.8 Depósitos lagunales

Se refiere a la depositación de cenizas, arenas, conglomerados y limos de origen volcánico en un medio lagunar superficial de aguas dulces y templadas.

Son sectores con características geotécnicas similares a los suelos loesicos y al igual que aquellos, muy fáciles de erosionar por el agua.

En el Acceso Norte, Alternativas B y C se cruza por estos depósitos.

#### 5.9.1.9 Depósitos Aluviales

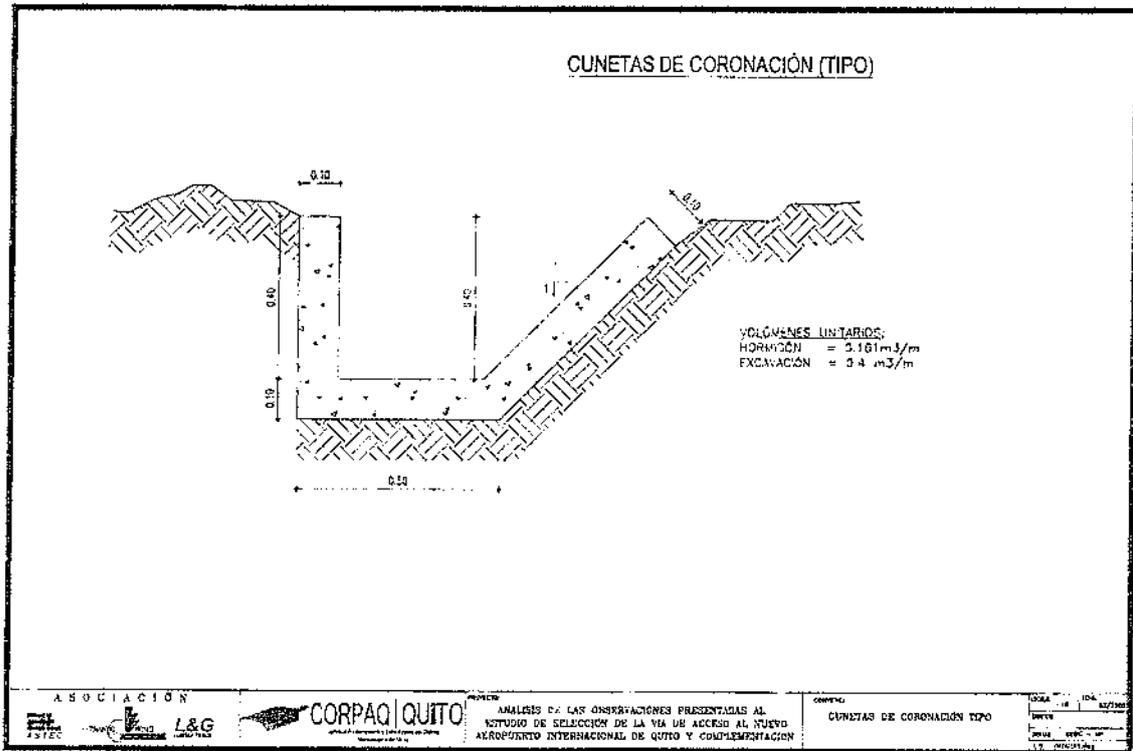
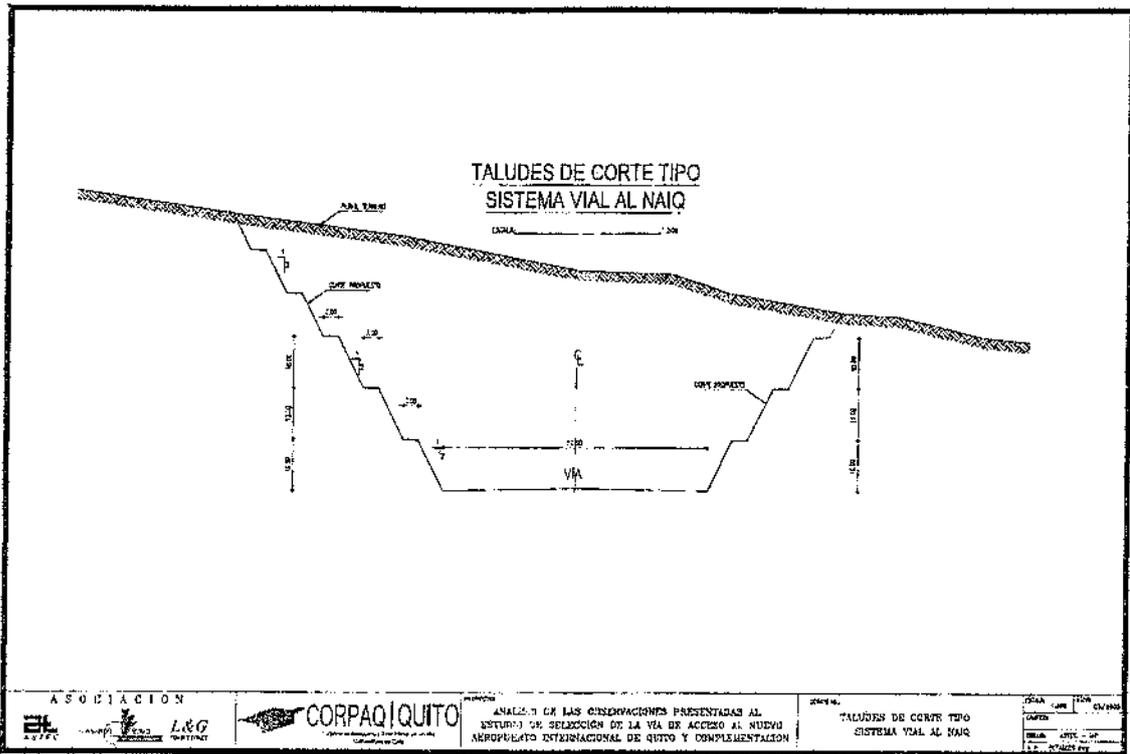
Se encuentran en los sectores acumulativos de ríos y generalmente están compuestos por cantos rodados de diámetros entre pocos centímetros a 1m unidos a arenas y limos. Estos depósitos no están consolidados y para su remoción debe utilizarse tractores con escarificador.

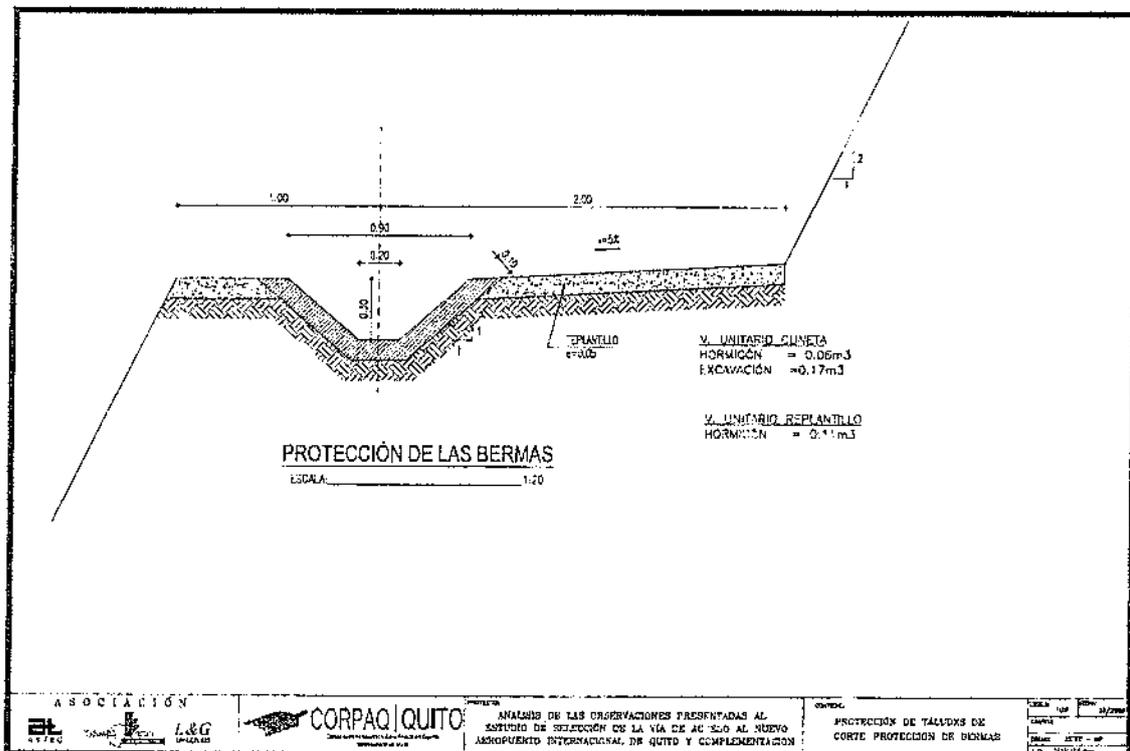
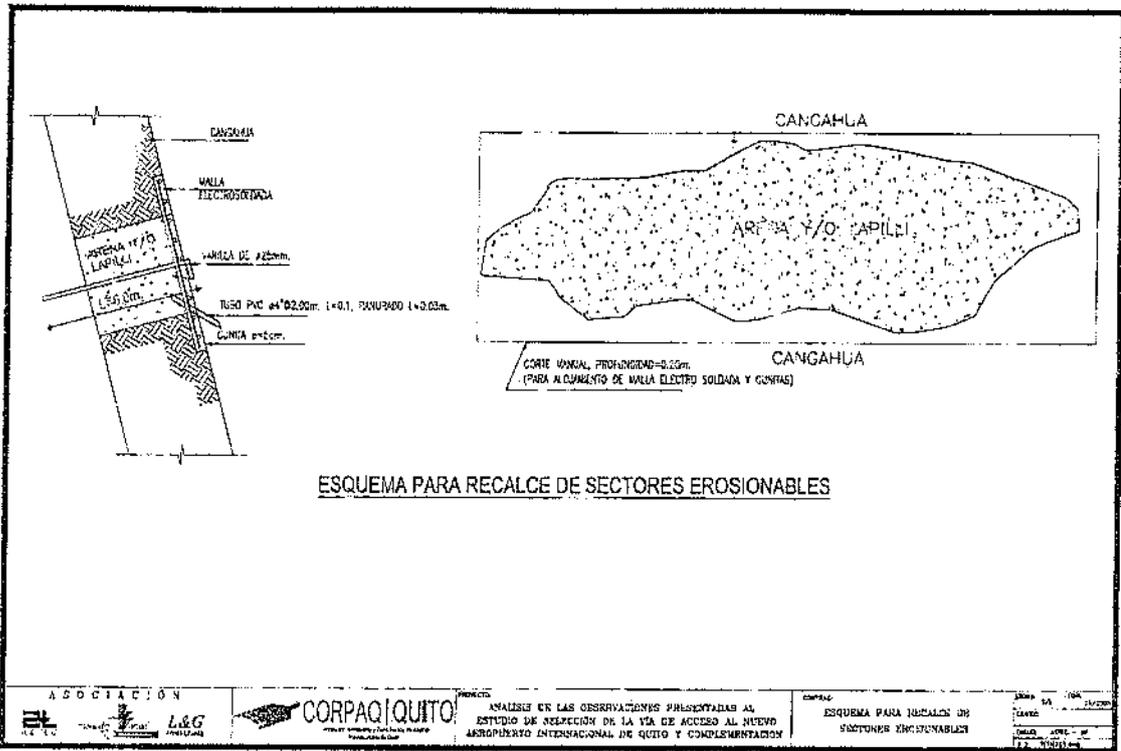
### **5.10 TALUDES DE CORTE, BERMAS Y OBRAS DE PROTECCIÓN SUGERIDAS**

Los accesos atraviesan en su gran mayoría por suelos loésicos (cangahuas) limo arenosos con presencia, a veces es frecuente, de estratos de arena y lapilli de fácil erosión hídrica y eólica.

Para salvaguardar las condiciones de seguridad y estéticas de los Accesos se ha considerado conveniente sugerir el diseño y construcción de taludes con bermas impermeables.

En los sectores donde afloran estratos de arenas y lapilli que a criterio del Fiscalizador Geotécnico ameriten recalces de hormigón, se sugiere implementar los diseños que se indican a continuación.





## 5.11 FUENTES DE MATERIALES

### 5.11.1 Descripción General

De la recopilación de información existente se estableció la existencia de depósitos de material pétreo en los siguientes lugares:

1. Sector Norte de la Ciudad: Incluye la vía a la Mitad del Mundo, la zona de Calacalí, la vía a Perucho, la Panamericana Norte y el camino a Nono.
2. Sector Occidental, incluye los sectores de influencia de Lloa y el camino antiguo a Santo Domingo de los Colorados.
3. Sector Oriental de Quito, Valle de Tumbaco y sus zonas de influencia (Pifo, Yaruqui, y la vía Intervalles)
4. Sector Sur Oriental de Quito, incluye el Valle de los Chillos y sus zonas de influencia (Conocoto, Sangolquí y Píntag)

#### 5.11.1.1 Sector Norte

Buena parte de la oferta de los materiales de construcción de la ciudad, proviene del Norte de Quito, la mayoría de los sitios de extracción se ubican a lo largo de la carretera Quito – Mitad del Mundo – Perucho, existiendo también en Parcayacu, Calacalí, Río Guayllabamba, Bellavista, Bodaspamba.

Las carreteras que se ubican en las cercanías de las poblaciones de Pomasqui y San Antonio de Pichincha y de la carretera que une esta última con Perucho son de propiedad privada y explotan material de origen volcánico, el cual, dependiendo del lugar puede ser de buena calidad o contener partículas menos resistentes, pues existen estratos pumíticos o tobáceos en los afloramientos. La producción no es selectiva, sino que se hace mediante voladura integral, lo que ha originado numerosos accidentes y la clausura de varias canteras por lo peligroso de su explotación. Tanto por la calidad variable del material, cuanto por la distancia de transporte y el hecho de que éste debe atravesar la ciudad generando conflictos en el sector norte de la urbe, se considera que es inconveniente recomendar el empleo de estos materiales.

Las canteras que existen en las cercanías de Calacalí y en el camino a Nono, son de propiedad particular y tienen volumen limitado de material, por lo que no se las recomienda.

Las canteras de Calderón y más al norte, en Bodaspamba no tienen material de buena calidad y han sido calificados solamente para sub-base y suelo seleccionado. No se las usará en el proyecto.

Por lo indicado, solamente podría emplearse la Mina ubicada en la Panamericana Norte, ubicada inmediatamente después del Río Guayllabamba. La cantera se encuentra a un costado de la Carretera Panamericana Norte, aproximadamente a 14km de Quito y tiene acceso al sitio mismo de extracción. Esta mina es legalmente de propiedad del Cabildo Metropolitano y fue entregada a una firma contratista para su empleo en las obras de Pavimentación Quito. A pesar de ello ha sido utilizada en otros trabajos y no se cuenta con una actualización del volumen disponible.

El material existente en la Mina del Río Guayllabamba corresponde a gravas de arrastre aluvial, con predominio de rocas volcánicas, con buena cantidad de bloques de tamaños centimétricos a gravas medianas, con escasa cantidad de arena. El sitio ha sido extensamente explotado y si bien el depósito es renovable, se hace necesario confirmar el volumen remanente.

El material existente debe ser sometido a una primera clasificación, para separar la fracción arena y árido fino. Todo el material superior a 3/8 de pulgada debe triturarse, para luego separarlo en los diferentes componentes y con ellos realizar la mezcla posterior, en función del uso previsto, a fin de que presente óptimas características. Los agregados que se obtienen en la actualidad se emplean tanto para hormigón asfáltico como hidráulico y existe una amplia experiencia con resultados satisfactorios.

#### 5.11.1.2 Sector Occidente de Quito

Todas las canteras de este sector, salvo la ubicada cerca del INIAP, en Cutunlahua se encuentran o bien en el sector del Bosque Protector del Pichincha pro lo que se ha prohibido su explotación o bien pueden ser afectadas pro el Plan de Protección de las Laderas del Pichincha, sector Sur. Se considera lógico entonces reservar el material existente para las obras previstas en este programa y no usarlas en este proyecto.

#### 5.11.1.3 Sector Oriental - Valle de Tumbaco

En el sector Oriental norte de la ciudad, que incluye el Valle de Tumbaco y sus zonas de influencia, incluyendo la carretera Intervalles, se han identificado varias fuentes de materiales pétreos. De ellas, las canteras de Guápulo y la Nueva Vía Oriental, no pueden explotarse, pues pueden desestabilizar los taludes de la zona, por lo que se ha prohibido su uso. Las minas de los ríos San Pedro y Chichi y los materiales aluviales de Guangopolo se encuentran muy explotadas y tienen una producción artesanal, por lo que expropiación originaría altos conflictos sociales, que no justifican el volumen a obtenerse.

La cantera Pifo (DISENSA) está en plena explotación y producción. El material es apto para todo uso y puede adquirirse mediante compra. Una alternativa adecuada para el proyecto será solicitar la adjudicación de las canteras Palugo 2 o 3, utilizadas para la construcción de las obras viales del sector o explorar los afloramientos que existen en la parte posterior de las cantera Pifo, pues el MOP ha indicado que existe la posibilidad de encontrar material de buena calidad en esta zona.

Las canteras Pifo, Palugo 1 y Palugo 2 tienen acceso al sitio mediante una vía de primer orden, pavimentada. La zona está aproximadamente a unos 29.0km de Quito (partiendo a Tumbaco) en la vía Papallacta. El material corresponde a un flujo de lava, con transición a brecha, encontrándose estas últimas en el topo y en el piso de la cantera. La brecha es una escoria espumosa y de mala calidad, en tanto que la lava es masiva y muy competente. El volumen estimado es de diez millones de metros cúbicos.

Por la ubicación de la obra, estas canteras serán las de menor distancia de transporte y por lo tanto las de menor costo de transporte.

#### 5.11.1.4 Sector Oriental - Valle de los Chillos

En el sector Oriental sur de la ciudad, que incluye el Valle de los Chillos y sus Zonas de influencia, se han identificado varias fuentes de materiales pétreos, casi todas de origen aluvial. Estas últimas se encuentran muy explotadas y tienen una producción artesanal, por lo que su expropiación originaría altos conflictos sociales, que no justifican el volumen a obtenerse.

El flujo de lava del Antisana, cerca de Píntag (Yana Urco o Q. El Golpe) es la cantera recomendada por el Municipio Metropolitano de la Ciudad y está en plena explotación y producción. El material es apto para todo uso y puede solicitarse la adjudicación de áreas exclusivas para los proyectos viales que emprenderá la EMOP.

La cantera tiene acceso al sitio mediante una vía de primer orden, pavimentada hasta la población de Pintag y con características de tercer orden, afirmada y empedrada en el tramo final. La zona está aproximadamente a unos 30.0 km de Quito (El Trébol) en la vía a la Laguna de La Mica. El material corresponde a un flujo de lava, masiva y muy competente. El volumen estimado es superior a los diez millones de metros cúbicos. La explotación debe hacerse mediante voladura, selección y trituración primaria, secundaria y terciaria, con el cribado y mezcla posterior.

**6. TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO**

Ver Informe Fase 2: B: Estudio de Tráfico y Transporte

## 7. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE LA VÍA

### 7.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Las vías de acceso al Nuevo aeropuerto de Quito que han sido diseñadas están ubicadas en la provincia de Pichincha, República del Ecuador, País que esta formado por una gran cadena de montañas con laderas con pendientes transversales altas, las que impiden en determinados aspectos la implementación de las Normas Americanas, Inglesas o de otros países, no por cuestiones técnicas sino por el costo de construcción y el alto movimiento de tierras.

El diseño geométrico se efectuó en escala 1:5.000, sobre una faja topográfica con curvas de nivel equidistantes cada 5 metros, obtenidas mediante restitución aerofotogramétrica.

El diseño en planta fue elaborado considerando calzadas paralelas a nivel, para tomar esta decisión, se hizo un cálculo comparativo entre calzadas paralelas al mismo nivel y calzadas a diferente nivel. Los resultados indicaron que no existían ventajas para diseñar la vía con calzadas a diferente nivel, no se obtenía una disminución representativa de costos como para complicar el diseño y la construcción.

### 7.2 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

Dadas las características geomorfológicas de los corredores en los que se implantaron los enlaces viales, se ha considerado cuatro tipos de terreno: llano, ondulado, montañoso y escarpado, de acuerdo con las definiciones que se registran a continuación:

- a) Carreteras en terreno Plano.- Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0 - 5 %.

Existe un mínimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado, ni en la ejecución de la obra básica de la carretera.

- b) Carreteras en terreno Ondulado.- Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir velocidades significativas por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas por un intervalo de tiempo largo. La pendiente transversal del terreno natural varía de 5 - 25 %.

El movimiento de tierras es moderado, que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción de la obra básica de la carretera.

- c) Carreteras en terreno Montañoso.- Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. La pendiente transversal del terreno natural varía de 25 - 75 %.

Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se puedan presentar en una dirección dada. Hay dificultades en el trazado y construcción de la obra básica.

- d) Carreteras en terreno Escarpado.- Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente, que

aquellas a la que operan en terrenos montañosos, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La pendiente transversal del terreno natural es > 75 %.

Existe un máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y construcción de la obra básica, pues los alineamientos están prácticamente definidos por las difíciles características geomorfológicas a lo largo del recorrido de la vía.

### 7.3 NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

A fin de establecer los parámetros de diseño geométrico, dada su decisiva influencia en el costo de las vías, se han considerado además de las condiciones topográficas, el volumen y la composición del tráfico actual y proyectado, utilizándose para el efecto 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. Como complemento se consultaron diversas normas internacionales.

Como una referencia se muestran a continuación en el cuadro C-7.1 un resumen de los valores mínimos de diseño geométrico:

**Cuadro C-7.1**

#### VALORES DE DISEÑO

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (KPH)	Coef. fricción lateral	Pendiente Máxima (%)	Radio mínimo (m)	Peralte Máximo (%)
Llano	110	0.12	3	430	10
Ondulado	100	0.13	4	350	10
Montañoso	80	0.14	6	210	10
Escarpado	60	0.15	7	110	10

En el Cuadro C-7.2 se presentan las Normas de diseño recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

### 7.4 VELOCIDAD DIRECTRIZ

La velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras, es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo de una vía cuando las condiciones sean tan favorables, que las características de la vía predominante.

La velocidad que se adopta para el estudio y diseño de estas vías será de 110, 100, 80 y 60 kilómetros por hora, para terrenos plano, ondulado, montañoso y escarpado.

Para los automóviles, las normas AASHTO establecen que hasta pendientes del orden del 7 al 8 %, la pérdida de velocidad es poco apreciable; mientras que para camiones, en pendientes comprendidas entre 6 y 7 %, la reducción de velocidad se produce en los primeros 80 metros y luego es proporcional con la longitud de la pendiente y la relación peso/potencia del vehículo.

ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN&GODOY

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN  
Cuadro C-7.2

NORMAS	CLASE I 3.000 - 8.000 TPDA (1)						CLASE II 1.000 - 3.000 TPDA (1)						CLASE III 300 - 1.000 TPDA (1)						CLASE IV 100 - 300 TPDA (1)						CLASE V MENOS DE 100 TPDA (1)												
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA									
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M							
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	90	70	90	80	50	80	60	80	60	40	80	60	50	60	50	40	60	50	40	60	50	40	50	35	25 <sup>(9)</sup>								
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20	20 <sup>(6)</sup>									
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	25									
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	640	490	640	565	345	640	565	415	270	480	290	210	290	150	110	280	210	150	210	150	210	150	110	110									
Peralte	MAXIMO = 10 %																																				
Coefficiente "K" para:	10 % (Para V > 50 KPH) B % (Para V < 50 KPH)																																				
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	4	7	3	2								
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	3	2								
Longitudinal y máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8								
Gradiente longitudinal y mínim (%)	0.50%																																				
Ancho de pavimento (m)	7.30	7.30																																			
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón																																				
Ancho de espaldones estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	Carpeta asfáltica o D.T.S.B											D.T.S.B Capa granular o Empedrado							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0																																				
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 - 4.0																																				
Curva de Transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																				
Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																				
Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																				
Ancho de aceras (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																				
mínimo derecho de vía (m)	LL = TERRENO PLANO O= TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																				

1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico 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 KPH mas para clase de terreno. 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.  $L = 0.60 V$ , 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 500 m.

4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en terrenos de 1 m a 6 m de altura, previo análisis y justificación.

5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. Se ensanchará la calzada 0.50 m mas cuando se prevé la instalación de guardacaminos.

6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.

7) En los casos en que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1.20 m de ancho.

8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.

9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar  $V_p = 20 \text{ km/h}$  y  $R = 15 \text{ m}$ , 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.

## 7.5 RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES

Para la determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se ha seguido el criterio de la AASHTO, criterio adoptado en las normas del MOP, según el cual, este radio es función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral.

Los radios mínimos de las curvas horizontales serán de: 430, 350, 210 y 110 metros para 110, 100, 80 y 60 kph.

El peralte máximo se fijó en 10 por ciento, teniendo en cuenta que la composición de tráfico que circulará por estas vías.

El valor del coeficiente de fricción lateral adoptado es de 0.12, 0.13, 0.14 y 0.15 para velocidades de 110, 100, 80 y 60 kilómetros por hora respectivamente.

## 7.6 PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS

La pendiente longitudinal corresponde a 3, 4, 6 y 7 % para terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado respectivamente, pudiendo en longitudes cortas menores a 500 metros, aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2 % en terrenos montañosos.

### 7.6.1 Determinación de las curvas verticales

Para determinar las longitudes de las curvas verticales se utilizaron las siguientes expresiones:

$$\text{Curvas verticales Convexas } L=K.A$$

$$\text{Curvas verticales Cóncavas } L=K.A$$

Siendo:

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 el siguiente cuadro C-7.3 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

Cuadro C-7.3

### CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CONCAVAS MÍNIMAS

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad para parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /4.26		Curvas Verticales Cóncavas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /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
90	140	46.0	46	32.0	32
100	160	60.0	60	37.5	38
110	190	84.7	85	45.9	46

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

## 7.7 SECCIONES TÍPICAS ADOPTADAS

Acorde con las Normas que tiene vigente el Ministerio de Obras Públicas y considerando la necesidad real que requiere una vía de enlace entre la Meseta en que está asentada la ciudad de Quito y la Zona Nororiental del DMQ, así como las condiciones de tráfico, Ordenamiento Territorial y su incidencia en los costos de construcción. La Asociación, después de un minucioso análisis comparativo, creyó conveniente adoptar una sección típica (AUTOVÍA) de 4 carriles en la primera etapa y 6 carriles en la segunda etapa para la Alternativa Sur, una sección típica (AUTOVÍA) de 4 carriles para la Alternativa Zámbriza, mientras que para la Alternativa Norte se adopta una sección típica Clase 1, terreno ondulado. Para el tramo de la vía que corresponde a la Panamericana Norte, desde la población de Calderón hasta el inicio de la Alternativa Norte, se considera que se debe realizar un ensanchamiento con el aumento de un carril para ascenso de los vehículos, por tanto quedaría compuesta de un carril de bajada y dos carriles de subida, complementados con sus respectivos espaldones y cunetas laterales..

Dependiendo de la capacidad vehicular estas secciones transversales han sido diseñadas para que sean construidas en una sola etapa lo que se refiere al movimiento de tierras.

### 7.7.1 Alternativa Sur

La Alternativa Sur, de acuerdo a los volúmenes de tráfico, ha programada su construcción en dos etapas, en la primera se realizara todo el movimiento de tierras con la sección que corresponde a la segunda etapa, pero se construirá únicamente a nivel de pavimento 2 carriles por calzada con un parterre central de 9.00 metros, mientras que en la segunda etapa cuando ya sea necesario incrementar el número de carriles, se construirá un tercer carril disminuyendo el parterre central de 9.00 a 3.00 metros. Los tramos afectados con estas condiciones son:

- Primera etapa km 0+000 - km 16+382.64 (4 carriles, 2 calzadas, parterre 9.00 metros)
- Segunda etapa km 3+396 - km 11+718 (6 carriles, 2 calzadas, parterre 3.00 metros)

#### 7.7.1.1 Anchos y pendientes transversales

Considerando el tipo de vía y el tráfico, se adopto el ancho de 3.65 metros como ancho de los carriles, de esta forma el ancho de las calzadas será de 7.30 metros en la primera etapa de construcción y 10.95 metros en la segunda etapa de construcción, según corresponda a 2 o 3 carriles.

Tratándose de una sección con 2 calzadas, la pendiente transversal adoptada es de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada en los tramos en tangente.

En los tramos en curva, el giro de la sección hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se efectuara de acuerdo al ancho de las calzadas y del espaldón; el punto de giro para el peralte será el borde de la faja divisoria central a 1.50 metros del eje, tratándose de una sección con 2 calzadas.

#### 7.7.1.2 Ancho y pendiente de los espaldones

El ancho de los espaldones externos de las calzadas se fijo en 2.50 metros, en vista que las condiciones topográficas y la velocidad de diseño lo justifican, esto con el único objeto de reducir costos, pues las vías se desarrollan en un porcentaje importante de su longitud a media ladera, produciendo cortes de gran magnitud.

La inclinación transversal adoptada para los espaldones exteriores es del 5 % para los tramos en tangente.

Los espaldones internos de las calzadas serán de 1.20 metros para la primera etapa de construcción y 0.55 metros para la segunda etapa de construcción, con la misma inclinación que los carriles de tránsito, variando igual que los carriles cuando existen peraltes.

#### 7.7.1.3 Elementos junto a los espaldones

- Junto a los espaldones externos, en secciones en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de 1 metro de ancho y un ancho adicional de 0.50 metros, no pavimentado, para permitir la construcción de desagües e instalación de defensas. En casos especiales y por exigencias de drenaje, este ancho puede ser mayor (se recomienda que en los rellenos que sobrepasen los 15 metros de altura su ancho total se debe incrementar en 3.00 m. a cada lado)
- En secciones de corte se ha diseñado cunetas de desagüe en forma triangular, de 1 metro de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada, mientras que su otro borde será el talud de corte. La profundidad varía entre 0.25 a 0.30 metros, según el caso. El ancho indicado puede ser mayor en casos especiales, por exigencias del drenaje, para evitar la erosión de los materiales del pavimento, las cunetas serán de hormigón  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
- Se prevé una faja divisoria central (parterre) de 9 en la primera etapa de construcción y 3 metros de ancho en la segunda etapa de construcción, de sección elevada con relación a las calzadas, delimitada por bordillos del tipo montable "A1-15" con 0.15 metros de altura libre. Esta altura permitirá una futura repavimentación y para entonces quedaría con una altura de 0.10 metros.

#### **7.7.2 ALTERNATIVA ZÁMBIZA**

- a) Sector a cielo abierto
- b) Sector en túnel

##### 7.7.2.1 Anchos y pendientes transversales

Considerando el tipo de vía y el tráfico, se adoptó el ancho de 3.65 metros como ancho de los carriles, de esta forma el ancho de las calzadas será de 7.30 metros.

Tratándose de una sección con 2 calzadas, la pendiente transversal adoptada es de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada en los tramos en tangente.

En los tramos en curva, el giro de la sección hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se efectuara de acuerdo al ancho de las calzadas y del espaldón; el punto de giro para el peralte será el borde de la faja divisoria central a 1.50 metros del eje, tratándose de una sección con 2 calzadas.

##### 7.7.2.2 Ancho y pendiente de los espaldones

El ancho de los espaldones externos de las calzadas se fijó en 2.50 metros, en vista que las condiciones topográficas y la velocidad de diseño lo justifican, esto con el único objeto de reducir costos, por el alto volumen del movimiento de tierras que significa el incremento de su ancho, pues las vías se desarrollan en un porcentaje importante de su longitud a media ladera, produciendo cortes de gran magnitud.

La inclinación transversal adoptada para los espaldones exteriores es del 5 % para los tramos en tangente.

Los espaldones internos de las calzadas serán de 0.50 metros de ancho, con la misma inclinación que los carriles de tránsito, variando igual que los carriles cuando existen peraltes.

#### 7.7.2.3 Elementos junto a los espaldones

- Junto a los espaldones externos, en secciones en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de 1 metro de ancho y un ancho adicional de 0.50 metros, no pavimentado, para permitir la construcción de desagües e instalación de defensas. En casos especiales y por exigencias de drenaje, este ancho puede ser mayor (se recomienda que en los rellenos que sobrepasen los 15 metros de altura su ancho total se debe incrementar en 3.00 m. a cada lado)
- En secciones de corte se ha diseñado cunetas de desagüe en forma triangular, de 1 metro de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada, mientras que su otro borde será el talud de corte. La profundidad varía entre 0.25 a 0.30 metros, según el caso. El ancho indicado puede ser mayor en casos especiales, por exigencias del drenaje, para evitar la erosión de los materiales del pavimento, las cunetas serán de hormigón  $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

#### 7.7.2.4 Faja divisoria central

- Se prevé una faja divisoria central (parterre) de 3 metros de ancho, de sección elevada con relación a las calzadas, delimitada por bordillos del tipo montable "A1-15" con 0.15 metros de altura libre. Esta altura permitirá una futura repavimentación y para entonces quedaría con una altura de 0.10 metros.

#### 7.7.2.5 Sección típica adoptada para túnel

Para definir la sección típica de este tipo de obra se ha considerado el que las condiciones de intensidad de tráfico, durante el período de estudio, son semejantes a aquellas con las cuales fue diseñado el túnel del Km 1 de la Vía Interoceánica, motivo por el cual, a nivel de diseño preliminar, se ha adoptado las mismas dimensiones tanto para definir el gálibo (5 m) como para los principales elementos que lo integran, tales como: acera, carriles, espacios para conducción de servicios, drenaje, ventilación, etc (ver Gráfico G-7.1a).

La sección transversal adoptada es de 11 m y contiene los siguientes elementos:

Descripción	Dimensión (m)
Ancho de calzada	7,00
Ancho de carriles (2)	3,50
Ancho de espaldón interno	0,50
Ancho de espaldón externo	1,50
Ancho de aceras (2)	1,00
Pendiente transversal	(2%)

La conducción para drenaje y cables para instalaciones se canalizarán por las aceras y espaldones.



### 7.7.3 ALTERNATIVA NORTE

#### 7.7.3.1 Anchos y pendientes transversales

Considerando el tipo de vía y el tráfico se adoptó el ancho de 3.65 metros como ancho de los carriles, de esta forma el ancho de la calzada será de 7.30 metros.

Tratándose de una sección con una calzada, la pendiente transversal adoptada es de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada en los tramos en tangente a partir del eje central.

En los tramos en curva, el giro de la sección hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se efectuara de acuerdo al ancho de la calzada y del espaldón, el punto de giro para el peralte será el eje central.

#### 7.7.3.2 Ancho y pendiente de los espaldones

El ancho de los espaldones externos de las calzadas se fijo en 2.50 metros, en vista que las condiciones topográficas y la velocidad de diseño lo justifican, esto con el único objeto de reducir costos, pues las vías se desarrollan en un porcentaje importante de su longitud a media ladera, produciendo cortes de gran magnitud.

La inclinación transversal adoptada para los espaldones exteriores es del 2 % para los tramos en tangente.

#### 7.7.3.3 Elementos junto a los espaldones

- Junto a los espaldones externos, en secciones en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de 0.80 metro de ancho y un ancho adicional de 0.70 metros, no pavimentado, para permitir la construcción de desagües e instalación de defensas. En casos especiales y por exigencias de drenaje, este ancho puede ser mayor (se recomienda que en los rellenos que sobrepasen los 15 metros de altura su ancho total se debe incrementar en 3.00 m. a cada lado)
- En secciones de corte se ha diseñado cunetas de desagüe en forma triangular, de 0.80 metros de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada, mientras que su otro borde será el talud de corte. La profundidad varia entre 0.25 a 0.30 metros, según el caso. El ancho indicado puede ser mayor en casos especiales, por exigencias del drenaje, para evitar la erosión de los materiales del pavimento, las cunetas serán de hormigón  $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

### 7.7.4 Ampliación Panamericana Norte

#### 7.7.4.1 Anchos y pendientes transversales

Considerando el tipo de vía y el tráfico, se adopto una calzada de 3 carriles, 2 carriles de subida y un carril de bajada, el ancho de los carriles será de 3.65 metros, de esta forma el ancho de la calzada será de 10.95 metros.

Tratándose de una sección con una calzada, la pendiente transversal adoptada es de 2 %, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada, a partir del eje central en los tramos en tangente.

En los tramos en curva, el giro de la sección hasta alcanzar el peralte exigido por el diseño, se efectuara de acuerdo al ancho de las calzadas y del espaldón; el punto de giro para el peralte será el eje central.

#### 7.7.4.2 Ancho y pendiente de los espaldones

El ancho de los espaldones externos de las calzadas se fijo en 2.00 metros, en vista de las limitaciones que implica esta ampliación, esto con el único objeto de reducir costos, pues las vías se desarrollan en un porcentaje importante de su longitud a media ladera, produciendo cortes de gran magnitud.

La inclinación transversal adoptada para los espaldones exteriores es del 2 % para los tramos en tangente.

#### 7.7.4.3 Elementos junto a los espaldones

- Junto a los espaldones externos, en secciones en relleno, se ha diseñado cunetas de desagüe de 0.80 metros de ancho y un ancho adicional de 0.70 metros, no pavimentado, para permitir la construcción de desagües e instalación de defensas.
- En secciones de corte se ha diseñado cunetas de desagüe en forma triangular, de 0.80 metros de ancho con una inclinación 4:1 junto a la calzada, mientras que su otro borde será el talud de corte. La profundidad varia entre 0.25 a 0.30 metros, según el caso. El ancho indicado puede ser mayor en casos especiales, por exigencias del drenaje, para evitar la erosión de los materiales del pavimento, las cunetas serán de hormigón  $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se presenta los parámetros de diseño de las secciones transversales definidas (Cuadro C-7.4).

Cuadro C-7.4

### PARAMETROS DE DISEÑO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Parámetros	AUTOVIA Anchos (m)		AUTOVIA Anchos (m)	CLASE I Anchos (m)	SECCION 3 CARRILES Anchos (m)
	Alternativa Sur I ETAPA	Alternativa Sur II ETAPA	Alternativa Zámbiza	Alternativas Norte	Ampliación Panamericana Norte
	0+000 16+382.64	3+396 11+718	0+000 13+533.277	0+000 13+646.42	1+357.57 9+259.47
Numero de calzadas	2	2	2	1	1
Número de Carriles	4	6	4	2	3
Ancho calzada	7.30	10.95	7.30	7.30	10.95
Ancho carril	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65
Ancho parterre central	9.00	3.00	3.00	-	-
Espaldones internos (2)	1.20	0.55	0.50	-	-
Espaldones externos (2)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00
Cuneta lateral en corte	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80
Cuneta lateral en relleno	1.70	1.70	1.70	1.50	1.50
Pendiente transversal calzada %	2	2	2	2	2
Pendiente transversal espaldón %	5	5	5	5	5
<b>TOTAL SECCION MIXTA</b>	<b>33.70</b>	<b>33.70</b>	<b>26.30</b>	<b>14.60</b>	<b>17.25</b>

### **7.7.5 SECCIONES PASOS TÍPICOS**

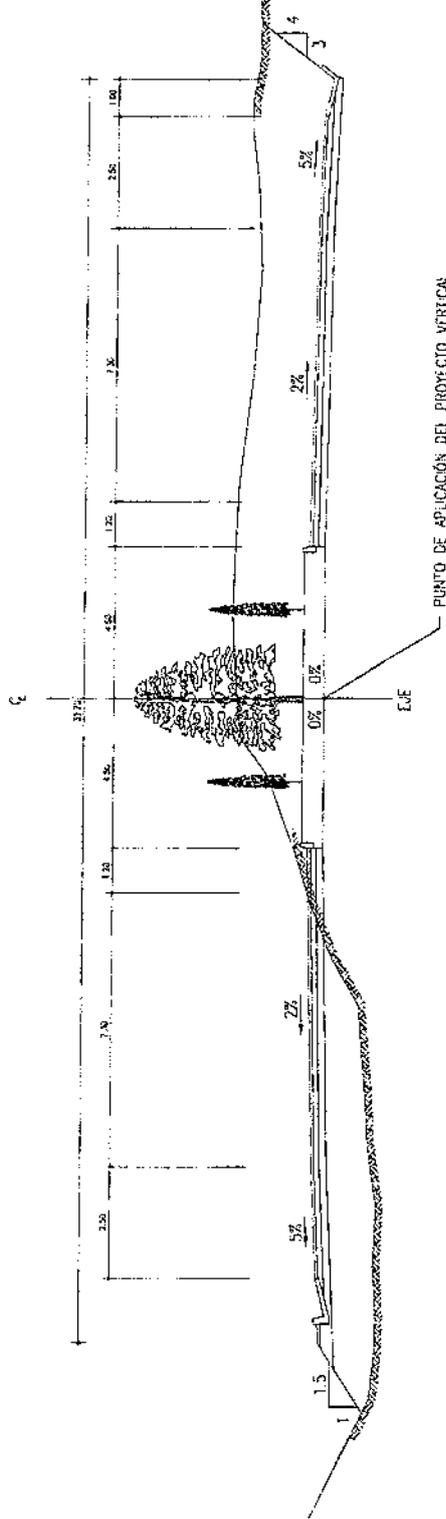
De acuerdo a los Términos de Referencia y al contrato, este estudio no contempla el diseño de estructuras, pero a lo largo de las vías propuestas, existen vías importantes que comunican urbanizaciones, centros poblados, haciendas etc., que serán atravesados por estas. Con el objeto de tener cantidades estimadas para el presupuesto, para su cruce se ha previsto de forma preliminar estructuras superiores e inferiores, cuyas características geométricas son las siguientes:

- Pasos Típicos Superiores.- Se adoptó el ancho de 3.65 metros como ancho de los carriles, de esta forma el ancho de la calzada será de 7.30 metros y se complementa con aceras de 1.50 metros a cada lado, en este ancho estará incluido lo que corresponda a ubicación de parapetos y pasamanos. El ancho total será de 10.30 metros. La altura libre entre estas estructuras y la rasante de la autovía terminada es de 5 metros.
- Pasos Típicos Inferiores.- Se adoptó el ancho de 3.65 metros como ancho de los carriles, de esta forma el ancho de la calzada será de 7.30 metros y se complementa con aceras de 1.50 metros a cada lado. El ancho total será de 10.30 metros. La altura libre entre la rasante de la vía inferior y la estructura del cajón es de 5 metros.

Para una mejor comprensión, estos parámetros se muestran dibujados en los gráficos G-7.1, G-7.2, G-7.3, G-7.4, G-7.5 y G-7.6.

SECCIÓN TÍPICA I ETAPA  
 AUTOVÍA 4 CARRILES TERRENO ONDULADO  
 ALTERNATIVA SUR (Km 0+000 - Km 16+382.64)

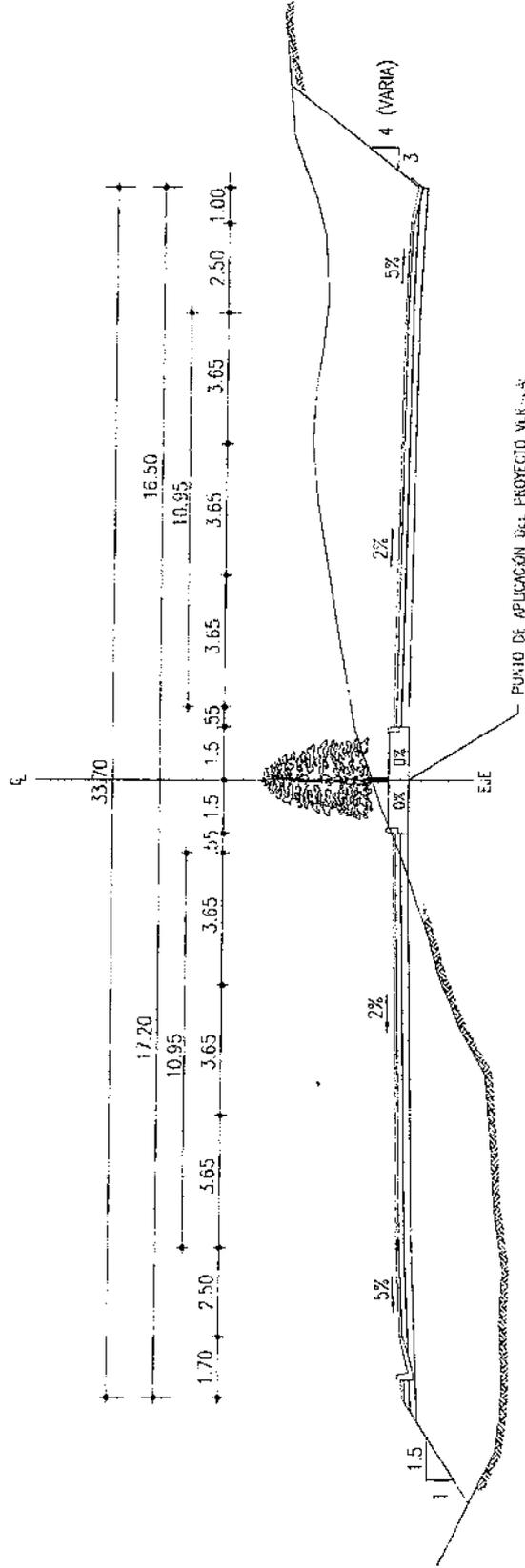
ESCALA 1:200



			 <p>Corporación de Promoción y Asesoría en Obras                  Integrada de QUITO</p>	PROYECTO: ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACION	CONTENIDO: SECCION TIPICA I ETAPA AUTOVIA 4 CARRILES TERRENO ONDULADO	ESCALA: 1:200 FECHA: 03/2005 DISEÑO: G. J. J. DIBUJO: ASTEC - DP A. P.
				ASOCIACIÓN ASTEC		

SECCIÓN TÍPICA II ETAPA  
 AUTOVÍA 6 CARRILES TERRENO ONDULADO  
 ALTERNATIVA SUR (Km 3+396 - Km 11+718)

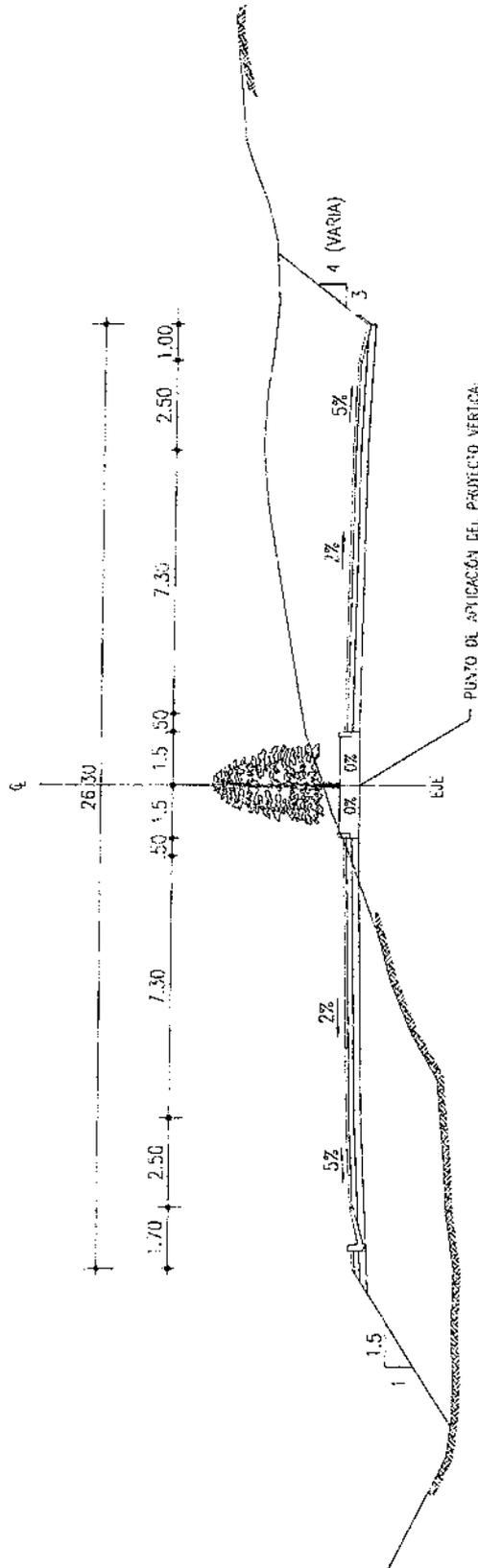
ESCALA 1:200



				PROYECTO: ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACION	CONTIENE: SECCION TÍPICA II ETAPA AUTOVIA 6 CARRILES TERRENO ONDULADO	ESCALA: 1:200 FECHA: 03/2005
				A. D. Secciónes Típicas.dwg	6.72 ASTEC - UR	

SECCIÓN TÍPICA MIXTA NORMAL  
 AUTOVIA 4 CARRILES  
 ALTERNATIVA ZAMBIZA

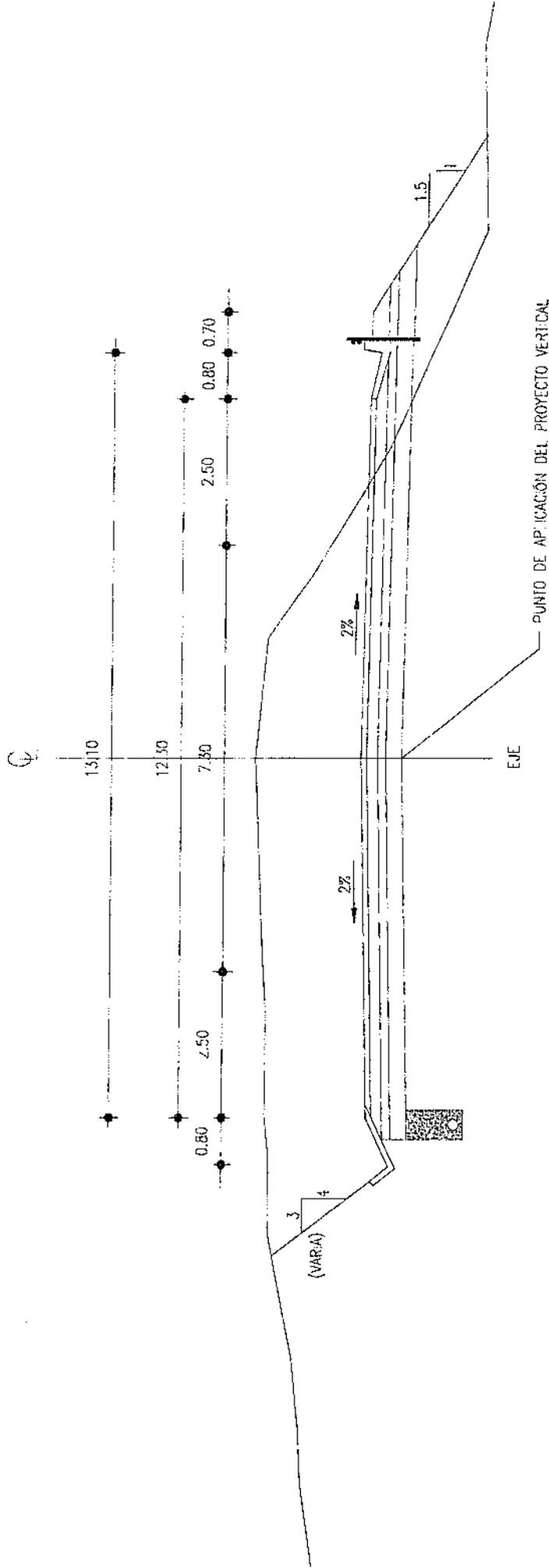
ESCALA 1:200



				PROYECTO ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN	CONTENIDO SECCION TIPICA AUTOVIA MIXTA NORMAL	ESCALA: 1:200 FECHA: 05/2005 DIBAJOS: G. J. S. DISEÑO: ASTEC - LP A. D. Secciones Tipicas.dwg
						

SECCIÓN TÍPICA MIXTA NORMAL  
 CARRETERA CLASE I TERRENO ONDULADO  
 ALTERNATIVA NORTE

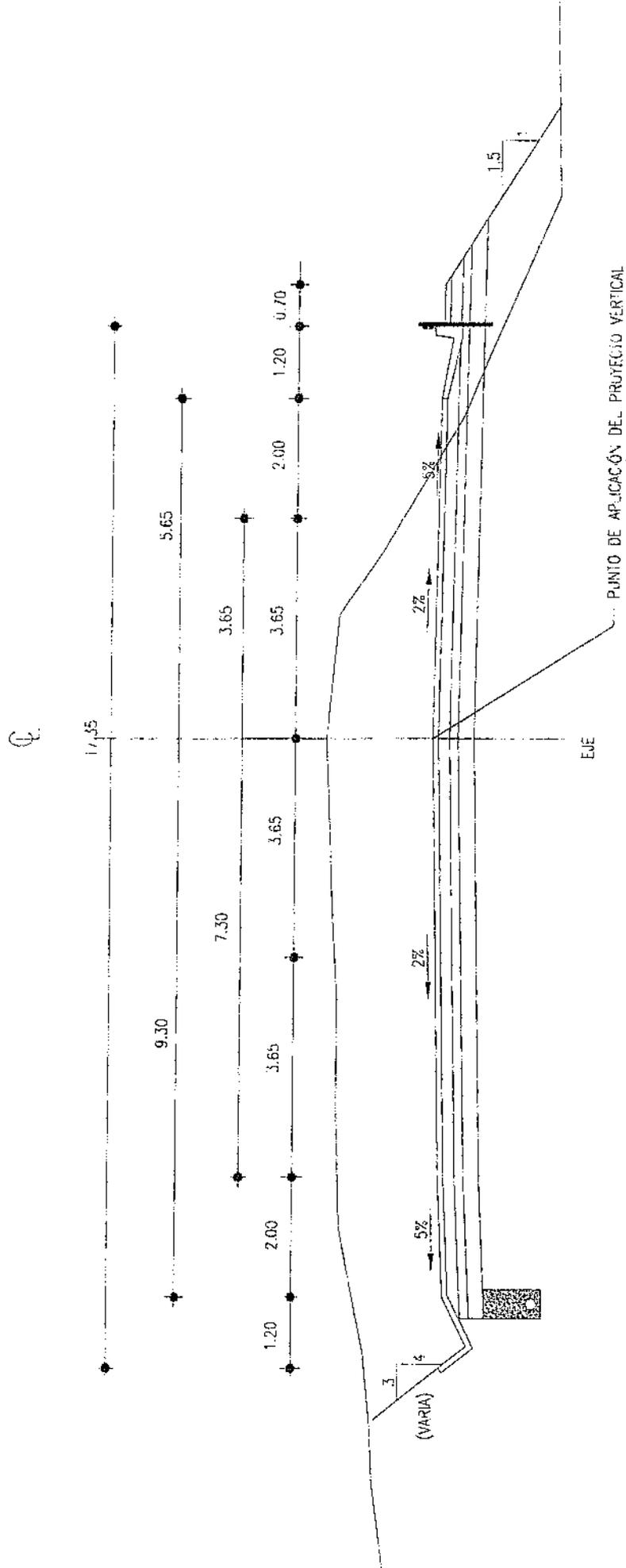
ESCALA 1:100



 ASOCIACIÓN ASTEC	 FERNANDO ROMO CONSULTORES	 L&G CONSULTORES	 CORPAQ QUITO Corporación Aeroportuaria y Zona Franca del Distrito Metropolitano de Quito	PROYECTO:	ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN	CONVENE:	SECCIÓN TÍPICA CLASE I TERRENO ONDULADO	ESCALA: 1:100 FECHA: 02/2005 GRUPO: 0.7.4 SERVICIO: ASTEC - HP A.D. / 8 Estación: Típica.dwg
				PROYECTO:	ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN	CONVENE:	SECCIÓN TÍPICA CLASE I TERRENO ONDULADO	ESCALA: 1:100 FECHA: 02/2005 GRUPO: 0.7.4 SERVICIO: ASTEC - HP A.D. / 8 Estación: Típica.dwg

SECCIÓN TÍPICA MIXTA NORMAL  
 CARRETERA 3 CARRILES TERRENO ONDULADO  
 AMPLIACIÓN VÍA PANAMERICANA NORTE

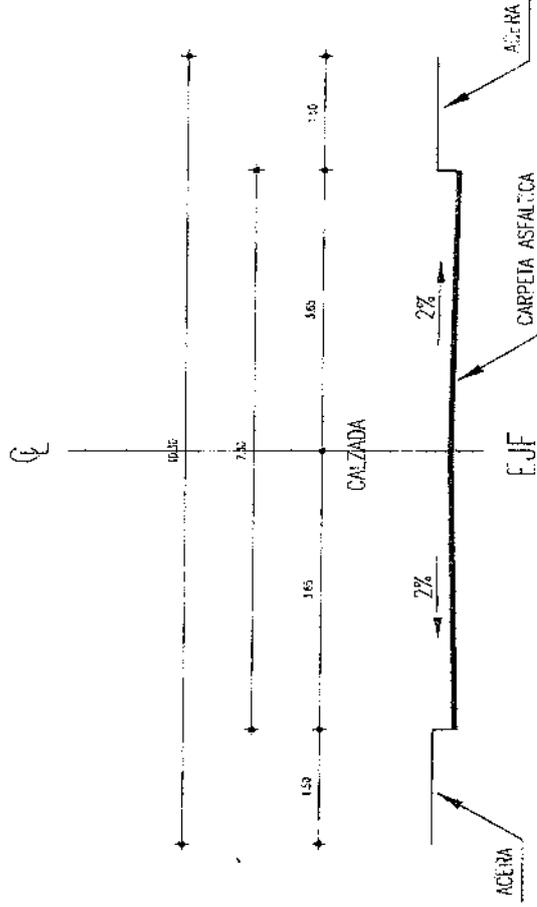
ESCALA 1:100



			PROYECTO: ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN	CONTENIDO: SECCIÓN TÍPICA 3 CARRILES TERRENO ONDULADO	ESCALA: 1:100 FECHA: 06/2005 DISEÑO: ASTEC A.D. Sección: Tribuna.dwg
			ASOCIACIÓN	FERNANDO LEÓN & GODOY CONSULTORES	CORPAQ QUITO <small>Corporación Ampuero y Zola Hnos. del Ecuador                  V. 1275 - 010 05 0316</small>

# SECCIÓN TÍPICA PASOS SUPERIORES E INFERIORES

ESCALA 1:100



<p>ESCALA: 1:100 FECHA: 03/2005 DISEÑO: 0.7 E DISEÑO: ASTEC - MP A.D. Sección: Tipos.dwg 78</p>	<p>CONTIENE: SECCION TÍPICA PASOS SUPERIORES E INFERIORES</p>	<p>PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN</p>	<p><b>CORPAQ QUITO</b> Corporación Aconcagua Zona Franca del Distrito Metropolitano de Quito</p>	<p>ASOCIACIÓN FERRANDO ALONSO L&amp;G CONSULTORES</p>
---	---	---	--	---

## 7.8 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PLANIALTIMÉTRICAS DE DISEÑO

Para poder continuar con los objetos del estudio correspondientes a la Fase 2, hemos procedido a utilizar la restitución aerofotogramétrica en escala 1:5.000 con curvas de nivel cada 5 metros, ejecutado por el IGM en el año de 1985 para el Municipio de Quito, con coordenadas que corresponden al Plano de Quito, la misma que fue proporcionada por la EMOP-Q. Esta restitución abarca por el sur desde la Estación experimental Santa Catalina hasta el sector de Pomasqui por el norte, por el oriente desde el nuevo Aeropuerto de Quito hasta las laderas del Pichincha cota aproximada 3.000 msnm por el occidente.

Con esta restitución disponible, hemos procedido a realizar los nuevos diseños de las alternativas.

Durante el proceso de diseño, se procuro armonizar las normas y secciones típicas adoptadas con las características topográficas prevalecientes en cada una de las alternativas.

En el diseño geométrico de estas alternativas, se han definido los alineamientos horizontales, los alineamientos verticales y se ha obtenido una sección transversal adecuada..

Las alternativas presentadas proyectadas son:

- Alternativa Sur
- Alternativa Zábiza
- Alternativa Norte
- Ampliación de la vía panamericana Norte

### 7.8.1 Alternativa Sur

Esta alternativa se inicia en el intercambiador Auquitas, proyectado sobre la Avenida Simón Bolívar, a la altura del barrio San Juan Bautista Alto, se desarrolla con dirección sur-este descendiendo la ladera hacia el sector de San Patricio y hacia el Valle, finaliza en el intercambiador proyectado por la QUIPORT en el sector de Tababela muy próximo a la quebrada de Alpachaca, tiene una longitud aproximada de 16.38 kilómetros. En su recorrido entre lo más destacable cruza la vía Cumbayá-Lumbisi (km 3+400), el río San Pedro (km5+500) con un puente de 200 m, la vía Intervalles (km 5+830), el río Chiche (km 12+100) con un puente de 300 m, la vía Tumbaco - Pifo (km 12+600), el río Guambi (km 15+600) con un puente de 200 m y la vía Pifo - El Quinche (km 15+950).

En el diseño de esta alternativa Sur, se ha considerado el corredor y gran parte del alineamiento horizontal que corresponden a los estudios del MOP denominado acceso Aeropuerto y de los estudios realizados para el Consejo Provincial de Pichincha denominado Quito-Pifo, introduciendo una variante del km 4+600 al km 6+500 con el propósito de realizar un cruce adecuado sobre el río San Pedro de acuerdo a las ultimas recomendaciones dadas por la Politécnica del Ejercito en la modelación realizada para una eventual erupción del volcán Cotopaxi. En lo que se refiere al alineamiento vertical, este ha sido modificado en gran parte.

Sus características corresponden a una velocidad de diseño de 100 km/h, sin embargo existen pequeños sectores en los cuales la pendiente longitudinal restringirá la velocidad de circulación a 80 km/h.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, esta alternativa se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 - 2+800	Montañoso	25 - 75 %
2+800 - 16+000	Plano	0 - 5 %

Esta característica topográfica nos muestran que en las zonas donde existan terrenos montañosos, las alturas de corte son altas, estarán mínimo sobre los 15 metros en el eje, de tal manera que los taludes de corte de acuerdo al diseño van a tener bermas y por tanto en algunos casos esta altura va a sobrepasar los 40 metros, por tanto se tiene que realizar una estabilización de estos taludes.

En el Cuadro C-7.5 se indica los sitios que requieren de estructuras para cruzar los ríos o para dar continuidad a los caminos que van a ser cortados.

**Cuadro C-7.5**

**SITIOS QUE REQUIEREN DE ESTRUCTURAS  
(PUENTES, PASOS SUPERIORES E INFERIORES)**

Alternativa	Abscisas	Paso Superior	Paso Inferior	Puente (m)	Observación
	0+155	1			Cruce ferrocarril
	1+272	1			Cruce ferrocarril
	1+920	1			Cruce vía
	2+845		1		Cruce ferrocarril
	4+500	1			Cruce vía Primavera
	5+420 - 5+620			200	Río San Pedro
	5+838		1		Cruce vía Intervalles
	5+959	1			Cruce vía
	6+751	1			Cruce vía
	8+462	1			Cruce vía
	8+860	1			Cruce vía
	9+271		1		Cruce vía
	10+195	1			Cruce vía
	10+800	1			Cruce vía
	11+980 - 12+250			300	Río Chiche
	13+023	1			Cruce vía
	13+700		1		Cruce vía
	14+375	1			Cruce vía
	15+035	1			Cruce ferrocarril-vía
	15+530 - 15+690			200	Río Guambi
	15+945	1			Cruce vía Pifo-Quinche
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>700</b>	

En el Cuadro C-7.6 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.6

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
CARRETERA: ACCESO ALTERNATIVA SUR

TRAMO: Km 0+000 - Km 16+382.64

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 - 3.00	8,730.00	53.29	
100	3.01 - 4.00	952.64	5.81	
90	4.01 - 5.00	1,730.00	10.56	
80	5.01 - 6.00	1,650.00	10.07	
70	6.01 - 7.00	1,270.00	7.75	
60	7.01 - 7.50	2,050.00	12.51	
TOTAL		16,382.64	100.00	
Desnivel total tramo (metros)			123.87	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			608.25	
Elevación media (m s.n.m)			2,576.49	
Pendiente media (%)			0.76	
Pendiente absoluta (%)			3.71	
Longitud de bajadas (m)			6,822.64	
Longitud de subidas (m)			9,560.00	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			366.06	
Diferencia de nivel de subidas (m)			242.19	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	15	4,782.98	88.57
100	350 - 439			
90	275 - 349			
80	210 - 274	1	199.91	3.70
70	160 - 209	1	417.36	7.73
60	115 - 159			
50	80 - 114			
Numero Total		17		
Curvatura total (grados)			490.70	
Grado de curvatura (grados/km)			29.95	

El alineamiento horizontal muestra que el 88.57 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, el 3.70 % para una velocidad de diseño de 80 kph y el 7.73 % para una velocidad de diseño de 70 kph.

En el alineamiento longitudinal (vertical) muestra que en las curvas horizontales, el 53.29 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 110 kph, el 5.81% para 100 kph, el 10.56% para 90 kph, el 10.07% para 80 kph, el 7.75 % para 70 kph, y el 12.51 % para 60 kph.

7.8.2 Alternativa Zambiza

La EMOP-Q realizo los estudios y contrato la construcción del proyecto Prolongación Norte-Simón Bolívar. Este proyecto para su construcción fue dividido en tres tramos a ser:

- Tramo I.- Acceso El Inca – Vía Simón Bolívar
- Tramo II.- Acceso el Inca – Vía Perimetral
- Tramo III.- Vía Perimetral – Panamericana Norte

En vista de que en el final del tramo 2 se tiene prevista la construcción de una intersección a nivel, denominada "GUALO", hemos creído conveniente que esta intersección sea el punto de inicio para la alternativa Zámbriza.

Para ingresar desde el centro de Quito hacia esta intersección se puede acceder tanto por el tramo I por la Av. Simón Bolívar y Av. De los Granados, como por el tramo II por la Av. El Inca y Av. Eloy Alfaro, mientras que por el norte se puede acceder por el tramo III por la Vía Panamericana Norte.

Esta alternativa a partir de la intersección Gualo, se desarrolla con dirección noreste hasta la intersección con el río Guayllabamba. En sus primeros 2 kilómetros el proyecto se desarrolla bordeando la planicie de Gualo y sobre el borde superior de la quebrada Gualo, desde el km 2+500 al km 4+100 se desarrolla por el borde superior de la quebrada Pogyupapa, desde el km 2+100 al km 5+100 se desarrolla por la ladera que izquierda del río San Pedro, desde el km 5+100 al km 5+800 se desarrolla por la ladera izquierda del río Guayllabamba y desde el km 5+800 al km 6+500 se desarrolla por la ladera derecha de la quebrada Chuquishcahuaycu. Entre los km 3+980 – km 4+380 se ha previsto el diseño de un túnel de una longitud aproximada de 400 metros, esto debido a que las alturas de corte en el eje están sobre los 70 metros.

Cruza el río Guayllabamba con un puente de 410 m, desde el km 6+600 hasta el km 11+500 el proyecto se desarrolla con dirección sur-este, asciende por la ladera derecha de la quebrada San Andrés, cruza esta quebrada en el km 8+240, pasa muy cerca de los terrenos del club Arrayanes, continua por una vía existente desde el km 9+200 al km 10+000 próximo al plantel avícola Campo Alegre, cruza la quebrada Tagafu km 10+850, cruza el río Guambi km 12+600 con un puente de 510 m, cruza la quebrada Alpachaca km 13+070 y finaliza en la intersección con la vía Aeropuerto-Alpachaca.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, esta alternativa se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 - 3+000	Ondulado	25 %
3+000 - 8+500	Escarpado	Mayor a 75 %
8+500 - 13+533.27	Ondulado	25 %

Esta característica topográfica nos muestran que en las zonas donde existan terrenos escarpados, necesariamente las alturas de corte son altas, estarán mínimo sobre los 15 metros en el eje, de tal manera que los taludes de corte de acuerdo al diseño van a tener bermas y por tanto en algunos casos esta altura va a sobrepasar los 100 metros, lo que geotécnicamente es un problema ya que se tiene que realizar una estabilización de estos taludes.

En el Cuadro C-7.7 se indica los sitios que requieren de estructuras para cruzar los ríos o para dar continuidad a los caminos que van a ser cortados.

Cuadro C-7.7

SITIOS QUE REQUIEREN DE ESTRUCTURAS  
(PUENTES, PASOS SUPERIORES E INFERIORES)

Alternativa	Abscisas	Paso Superior	Paso Inferior	Puente (m)	Túnel (m)
ZÁMBIZA	1+050	1			
	1+950	1			
	3+980-4+380				400
	6+580-6+980			410	
	10+200	1			
	11+900	1			
	12+380-12+870			510	
	13+000		1		
	<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>920</b>

En el cuadro C-7.8 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.8

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
ACCESO: ALTERNATIVA ZÁMBIZA  
Km 0+000 - Km 13+533.277

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 - 3.00	5,950.00	43.97	
100	3.01 - 4.00	-	-	
90	4.01 - 5.00	533.277	3.94	
80	5.01 - 6.00			
70	6.01 - 7.00	5,150.00	38.05	
60	7.01 - 7.50	1,900.00	14.04	
<b>TOTAL</b>		<b>13,533.277</b>	<b>100.00</b>	
Desnivel total tramo (metros)			143.99	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			588.01	
Elevación media (m s.n.m)			2,507.26	
Pendiente media (%)			1.064	
Pendiente absoluta (%)			4.345	
Longitud de bajadas (m)			6,200.00	
Longitud de subidas (m)			7,333.28	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			365.75	
Diferencia de nivel de subidas (m)			222.26	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	10	3,950.09	73.65
100	350 - 439	3	1,110.98	20.72
90	275 - 349	-	-	-
80	210 - 274	1	302.06	5.63
70	160 - 209	-	-	-
60	115 - 159	-	-	-
50	80 - 114	-	-	-
Numero Total		14		
Curvatura total (grados)			566.67	
Grado de curvatura (grados/km)			41.872	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 73.65 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 110 kph, el 20.72 % para 100 kph y el 5.63 % para 80 kph.

El alineamiento vertical muestra que, el 43.97 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, el 3.94 % para una velocidad de diseño de 90 kph, el 38.05 % para una velocidad de diseño de 70 kph y el 14.04 % para una velocidad de 60 kph (terreno escarpado).

### **7.8.3 Alternativa Norte**

Con anticipación al llamado por la CORPAQ para realizar el análisis de las alternativas de acceso al Nuevo aeropuerto de Quito ejecutadas por la Consultora LPA, la compañía ASTEC ya realizó un estudio de una de una ruta al Nuevo Aeropuerto que no solamente sirva de enlace del centro-norte y norte de Quito sino también canalice el tráfico y la carga proveniente de las zonas de la Provincia de Esmeraldas, del Norte del Ecuador y en especial del área aledaña a la zona de Tabacundo, Puéllaro y Cayambe.

Por cuanto la delimitación del Distrito Metropolitano abarca hasta la población de Guayllabamba, podemos indicar que para el análisis de esta alternativa se ha tomado como objetivo principal, la utilización de un tramo de la carretera Panamericana Norte, por lo tanto este estudio esta enmarcado dentro del concepto que implica una ampliación de un tramo de la vía existente y un estudio nuevo de otros tramos.

Esta alternativa Norte es un conjunto de tramos que se inician en diferentes sitios, pero que se enlazan entre sí para llegar a un mismo sitio común, que es el Nuevo Aeropuerto de Quito. Los tramos estudiados son:

- Tramo "A" Coto – Enlace Conector Alpachaca (km 0+000 – km 13+646.42)
- Tramo "B" Enlace Guayllabamba (km 0+000 – km 3+032.823)
- Tramo "C" Enlace vía El Quinche km (0+000 km 1+110.684)
- Tramo "D" Enlace Yaruquí (km 0+000 – km 2+410.128)
- Ampliación de la vía Panamericana Norte (km 1+357.57 – km 9+259.47)

A continuación se indican algunas características de los tramos estudiados.

#### **7.8.3.1 Tramo "A" Coto – Enlace Conector Alpachaca (km 0+000 – km 13+646.42)**

Esta alternativa se inicia sobre la vía Panamericana Norte a 13.11 km desde la intersección con la vía Prolongación Norte – Simón Bolívar, a 7.901 km desde el final de la avenida de Calderón en la vía Panamericana Norte y a 4.31 km desde la Estación de Peaje de Oyacoto. Con el objeto de análisis al punto de inicio lo vamos a denominar "COTO".

La localización de este nuevo tramo se realizaría en sus inicios por un estudio que el MOP dispone desde hace aproximadamente 25-30 años y que tiene realizado el movimiento de tierras como variante a la vía existente, cruzándose el río Guayllabamba por medio de un puente de aproximadamente 450 metros de longitud; luego el proyecto se desvía hacia el aeropuerto cruzando el río Uravía con un puente de aproximadamente 310 metros de longitud. Ascende por la ladera izquierda del río Uravía hasta coronar la meseta del barrio Otón de Vélez (km 8+300).

Desde el km 8+300 al km 11+500 el proyecto se desarrolla por un terreno considerado llano-ondulado (barrio Otón de Vélez), no existe problema en cuanto se refiere a alineamientos horizontales y verticales pero recomendamos que en una etapa posterior se debe estudiarse la posibilidad de la utilización del camino existente.

En el km 11+500, se tiene previsto la implantación de una intersección que canalice el tráfico que viene desde la población de Yaruquí. En este sitio el proyecto cambia de dirección a sur-este y se empalma con el Conector Alpachaca (km 13+646.42) sitio en el que también se prevé un intercambiador.

La Longitud de este tramo desde el punto Coto hasta el Conector Alpachaca sería de aproximadamente 13.646 kilómetros.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, este tramo se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 - 4+000	Escarpado	Mayor a 75 %
4+000 - 6+000	Ondulado	5 - 25 %
6+000 - 8+300	Escarpado	Mayor a 75 %
8+300 - 13+646.42	Plano	0 - 5 %

Esta característica topográfica nos muestran que en las zonas donde existan terrenos escarpados, necesariamente las alturas de corte son altas, estarán mínimo sobre los 7 metros en el eje, de tal manera que los taludes de corte de acuerdo al diseño van a tener bermas y por tanto en algunos casos esta altura va a sobrepasar los 80 metros, lo que geotécnicamente es un problema ya que se tiene que realizar una estabilización de estos taludes.

Por estas consideraciones topográficas y de volúmenes de tráfico, hemos definido la utilización para el diseño geométrico de una sección típica que tiene características equivalentes a una vía de primer orden para un terreno ondulado, la misma que se utilizara desde el punto Coto hasta el Enlace Alpachaca.

Es preciso indicar que a este tramo se canalizan los tramos que vienen o se dirigen a las poblaciones de Guayllabamba, El Quinche y Yaruquí, considerados estos poblados como puntos importantes de repartición de tráfico.

En el siguiente cuadro se indica los sitios que requieren de estructuras para cruzar los 2 ríos importantes.

**SITIOS QUE REQUIEREN DE ESTRUCTURAS  
(PUENTES, PASOS SUPERIORES E INFERIORES)**

Alternativa Norte	Abscisas	Puente (m)
<b>TRAMO "A"</b>	0+400	450
	5+000	310
	<b>Total</b>	<b>760</b>

En el Cuadro C-7.9 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.9

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
 ACCESO: ALTERNATIVA NORTE  
 TRAMO A "COTO - ENLACE CONECTOR ALPACHACA"  
 Km 0+000 - Km 13+646.42

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 - 3.00	6,626.42	48.56	
100	3.01 - 4.00	2,340.00	17.15	
90	4.01 - 5.00	-	-	
80	5.01 - 6.00	1,620.00	11.57	
70	6.01 - 7.00	2,010.00	14.73	
60	7.01 - 8.00	-	-	
50	8.01 - 9.00	1,050.00	7.69	
TOTAL		13,642.42	100.00	
Desnivel total tramo (metros)			286.12	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			486.68	
Elevación media (m s.n.m)			2,290.56	
Pendiente media (%)			2.10	
Pendiente absoluta (%)			3.57	
Longitud de bajadas (m)			4,586.42	
Longitud de subidas (m)			9,060.00	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			100.28	
Diferencia de nivel de subidas (m)			386.40	
Velocidad de diseño (km/h)	Radio en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	6	1,795.42	44.92
100	350 - 439	2	668.49	16.72
90	275 - 349	-	-	-
80	210 - 274	-	-	-
70	160 - 209	3	1,089.85	27.27
60	115 - 159	2	308.64	7.72
50	80 - 114	1	134.90	3.37
Numero Total		14		
Curvatura total (grados)			711.10	
Grado de curvatura (grados/km)			52.12	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 44.92 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 110 kph, el 16.72 % para 100 kph, el 27.27 % para 70 kph, el 7.72 % para 60 kph h, y el 3.37 % para 50 kph.

El alineamiento vertical muestra que, el 48.56 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, el 17.15 % para una velocidad de diseño de 100 kph, el 11.57 % para una velocidad de diseño de 80 kph, el 14.73 % para una velocidad de diseño de 70 kph, y el 7.69 % para una velocidad de 60 kph (terreno escarpado).

**7.8.3.2 Tramo "B" Enlace Guayllabamba (km 0+000 - km 3+032.823)**

Con el objeto de canalizar el tráfico que viene de Tabacundo, Puéllaro y otras poblaciones aledañas, se ha diseñado este acceso, caso contrario tendrían que llegar a Guayllabamba, regresar hacia la "Y" de Cusubamba y dirigirse por la vía Pifo El Quinche hacia el aeropuerto (recorrido sumamente largo).

Este tramo se inicia en la "Y" de entrada a la población de Guayllabamba, sitio en que se prevé una intersección a nivel, se desarrolla con dirección sur-este por las laderas de la loma Puruhanta, asciende con dirección al Zoológico, una vez que llega a su máxima altura, desciende con dirección sur-oeste y se empalma con el tramo A "Coto - Enlace Conector Alpachaca" en el km 4+600, sitio en el que también se tiene previsto una intersección a nivel.

El proyecto se desarrolla por un terreno considerado ondulado - Montañoso, no existe problema en cuanto se refiere a alineamientos horizontales y verticales pero recomendamos que en una etapa posterior se debe estudiar con trabajos de campo la no afectación a construcciones. La Longitud de este tramo desde la "Y" de Guayllabamba hasta la intersección del tramo "A" sería de aproximadamente 3.033 kilómetros.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, este tramo se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 - 2+200	Montañoso	25 - 75 %
2+200 - 3+032.823	ondulado	5 - 25 %

Esta característica topográfica nos muestran que en las zonas donde existan terrenos Montañosos, necesariamente las alturas de corte son altas, estarán mínimo sobre los 7 metros en el eje, de tal manera que los taludes de corte de acuerdo al diseño van a tener bermas y por tanto en algunos casos esta altura va a sobrepasar los 30 metros, lo que geotécnicamente es un problema ya que se tiene que realizar una estabilización de estos taludes.

Por las consideraciones topográficas y los volúmenes de tráfico, hemos definido la utilización para el diseño geométrico de una sección típica que tiene características equivalentes a una vía de primer orden para un terreno ondulado. En el siguiente cuadro se indica los sitios que requieren de estructuras.

**SITIOS QUE REQUIEREN DE ESTRUCTURAS  
(PUENTES, PASOS SUPERIORES E INFERIORES)**

Alternativa Norte	Abcisas	Puente Paso Superior (m)
TRAMO "B"	2+050	25

En el Cuadro C-7.10 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.10

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
ACCESO: ALTERNATIVA NORTE  
TRAMO B "ENLACE GUAYLLABAMBA"  
Km 0+000 - Km 3+032.823

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 – 3.00	750.00	24.73	
100	3.01 – 4.00	62.82	2.07	
90	4.01 – 5.00	920.00	30.33	
80	5.01 – 6.00	-	-	
70	6.01 – 7.00	1,300.00	42.86	
60	7.01 – 8.00	-	-	
50	8.01 – 9.00	-	-	
TOTAL		3,032.823	100.00	
Desnivel total tramo (metros)			43.60	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			133.61	
Elevación media (m s.n.m)			2,155.80	
Pendiente media (%)			1.44	
Pendiente absoluta (%)			4.41	
Longitud de bajadas (m)			920.00	
Longitud de subidas (m)			2,112.82	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			45.01	
Diferencia de nivel de subidas (m)			88.61	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	1	203.76	21.00
100	350 - 439	1	199.30	20.54
90	275 - 349	1	241.45	24.89
80	210 - 274	1	325.67	33.57
70	160 - 209	-	-	-
60	115 - 159	-	-	-
50	80 - 114	-	-	-
Numero Total		4		
Curvatura total (grados)			178.11	
Grado de curvatura (grados/km)			58.73	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 21.00 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 110 kph, el 20.54 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 100 kph, el 24.89 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 90 kph y el 33.57 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 80 kph. En este análisis no se ha tomado en cuenta las curvas de enlace.

El alineamiento vertical muestra que, el 24.73 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, el 2.07 % para una velocidad de diseño de 100 kph, el 30.33 % para una velocidad de diseño de 90 kph y el 42.86 % para una velocidad de diseño de 70 kph.

7.8.3.3 Tramo "C" Enlace vía El Quinche (0+000 km 1+110.684)

Con el objeto de canalizar el tráfico que viene o se dirige a la población de El Quinche y otras poblaciones aledañas, se ha diseñado este acceso. Este tramo se inicia en el km 2+407 del tramo "B" Enlace Guayllabamba, sitio en que se prevé una intersección a nivel, se desarrolla con dirección noreste hasta empalmarse con el camino existente Guayllabamba - El Quinche.

El proyecto se desarrolla por un terreno considerado ondulado, no existe problema en cuanto se refiere a alineamientos horizontales y verticales. La Longitud de este tramo sería de aproximadamente 1.111 kilómetros.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, este tramo se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 - 1+110.684	ondulado	5 - 25 %

Esta característica topográfica nos muestra que no van a existir problemas con el movimiento de tierras y con la estabilidad de los taludes, ya que los cortes no pasarían de los 14 metros de altura.

Se ha definido la utilización para el diseño geométrico de una sección típica que tiene características equivalentes a una vía de primer orden para un terreno ondulado.

No se ha previsto sitios que requieren de estructuras.

En el cuadro C-7.11 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.11

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
 ACCESO: ALTERNATIVA NORTE  
 TRAMO C: "ENLACE EL QUINCHE"  
 Km 0+000 - Km 1+110.684

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 – 3.00	-		
100	3.01 – 4.00	-		
90	4.01 – 5.00	640.00	57.62	
80	5.01 – 6.00			
70	6.01 – 7.00			
60	7.01 – 8.00			
50	8.01 – 9.50	470.68	42.38	
<b>TOTAL</b>		<b>1,110.684</b>	<b>100.00</b>	
Desnivel total tramo (metros)			73.47	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			73.47	
Elevación media (m s.n.m)			2,239.35	
Pendiente media (%)			6.62	
Pendiente absoluta (%)			6.62	
Longitud de bajadas (m)			-	
Longitud de subidas (m)			1.110.68	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			-	
Diferencia de nivel de subidas (m)			73.47	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	-	-	-
100	350 - 439	-	-	-
90	275 - 349	-	-	-
80	210 - 274	-	-	-
70	160 - 209	1	453.63	100.00
60	115 - 159	-	-	-
50	80 - 114	-	-	-
Numero Total		1		
Curvatura total (grados)			162.44	
Grado de curvatura (grados/km)			146.26	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 100 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 70 kph. En este análisis no se ha tomado en cuenta las curvas de enlace.

El alineamiento vertical muestra que, el 57.62 % esta diseñado para una velocidad de 90 kph y el 42.38 % para una velocidad de 50 kph (terreno escarpado).

**7.8.3.4 Tramo "D" Enlace Yaruquí (km 0+000 – km 2+410.128)**

Con el objeto de canalizar el tráfico que viene de Otavalo, Cayambe y otras poblaciones aledañas, se ha diseñado este acceso, caso contrario tendrían que continuar hasta el intercambiador Alpachaca que se ubica muy próximo a la población de Tababela y regresar hacia el aeropuerto (recorrido sumamente largo).

Este tramo se inicia en la intersección a nivel prevista en el km 11+600 del tramo A "Coto - Enlace Conector Alpachaca", se desarrolla con dirección sur-este y se empalma con la carretera Pifo – El Quinche próximo a la Unidad Educativa Santa Catalina.

El proyecto se desarrolla por un terreno considerado ondulado - Montañoso, no existe problema en cuanto se refiere a alineamientos horizontales y verticales pero recomendamos que en una etapa posterior se debe estudiar con trabajos de campo la no afectación a construcciones. La Longitud de este tramo sería de aproximadamente 2.410 kilómetros.

De acuerdo a la topografía y a las pendientes transversales existentes, este tramo se puede dividir en los siguientes subtramos:

Subtramo	Tipo de terreno	Pendientes transversales máximas
0+000 – 1+100	Montañoso	25 - 75 %
1+100 – 2+410.128	ondulado	5 - 25 %

Esta característica topográfica nos muestran que en las zonas donde existan terrenos Montañosos, necesariamente las alturas de corte son altas, estarán mínimo sobre los 7 metros en el eje, de tal manera que los taludes de corte de acuerdo al diseño van a tener bermas y por tanto en algunos casos esta altura va a sobrepasar los 30 metros, lo que geotécnicamente es un problema ya que se tiene que realizar una estabilización de estos taludes.

Por las consideraciones topográficas y los volúmenes de tráfico, hemos definido la utilización para el diseño geométrico de una sección típica que tiene características equivalentes a una vía de primer orden para un terreno ondulado.

En el cuadro C-7.12 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.12

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
ACCESO: ALTERNATIVA NORTE  
TRAMO D "ENLACE YARUQUÍ"  
Km 0+000 - Km 2+410.128

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 - 3.00	1,400.13	58.09	
100	3.01 - 4.00	-	-	
90	4.01 - 5.00	-	-	
80	5.01 - 6.00	-	-	
70	6.01 - 7.00	-	-	
60	7.01 - 8.00	-	-	
50	8.01 - 8.50	1,010.00	41.91	
TOTAL		2,410.128	100.00	
Desnivel total tramo (metros)			80.45	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			122.45	
Elevación media (m s.n.m)			2,494.78	
Pendiente media (%)			3.34	
Pendiente absoluta (%)			5.08	
Longitud de bajadas (m)			700.00	
Longitud de subidas (m)			1,710.13	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			21.00	
Diferencia de nivel de subidas (m)			101.45	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	1	515.40	100.00
100	350 - 439	-	-	-
90	275 - 349	-	-	-
80	210 - 274	-	-	-
70	160 - 209	-	-	-
60	115 - 159	-	-	-
50	80 - 114	-	-	-
Numero Total		1		
Curvatura total (grados)			49.22	
Grado de curvatura (grados/km)			20.42	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 100 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 110 kph. En este análisis no se ha tomado en cuenta las curvas de enlace.

El alineamiento vertical muestra que, el 58.09 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, y el 41.91 % para una velocidad de 50 kph (terreno escarpado).

#### 7.8.3.5 Ampliación de la vía Panamericana Norte (km 1+357.57 - km 9+259.47)

La carretera existente Calderón - Guayllabamba - "Y" del Quinche, denominada también carretera Panamericana Norte y según el Acuerdo Ministerial 001, del 12 de enero del 2001 constituye la vía Colectora E28B, tiene más de 30 años de servicio, habiendo en consecuencia sobrepasado el año horizonte de diseño. Como consecuencia, pese a los trabajos de mantenimiento periódico y rutinario, el nivel de servicio de la vía está en los valores inferiores establecidos por las normas para cada tipología de carretera.

Este nivel de servicio, especialmente en lo que se refiere a capacidad vehicular ha provocado que los usuarios utilicen mayor tiempo en su movilización y tengan más incomodidad, experimentando progresivos incrementos en los costos de operación de los vehículos, lo cual incide especialmente a la transportación pesada que es la que desplaza bienes y personas entre los centros de producción y los de consumo o exportación.

En el año de 1992 el MOP realizó los estudios de ingeniería, del cual hemos extraído las principales características de diseño.

- El ancho de los 2 carriles tiene un ancho promedio de 7.20 metros
- El ancho de los espaldones varía entre 1.00 a 2.50 metros
- El drenaje lateral se desagua mediante cunetas laterales revestidas

Estas características determinaron que la vía correspondía a una carretera Clase II-Terreno Montañoso, según las Normas de Diseño de Carreteras del MOP.

En la actualidad de acuerdo al mantenimiento periódico, la vía fue repavimentada con un espesor aproximado de 15 cm. de carpeta asfáltica, lo que restó ancho a la sección transversal existente y hoy consta de 2 carriles de un ancho aproximado de 4.00 metros cada uno, el mismo que ha sido delimitado, el ancho restante corresponde a los espaldones (prácticamente no existe espaldón). Este aumento de carpeta produjo que las cunetas laterales queden profundas, constituyendo un grave peligro para los usuarios.

Para tener un concepto claro de la localización de la vía Panamericana Norte desde el intercambiador de Carcelén hasta el inicio del tramo A "COTO" describimos lo siguiente:

- Desde el Intercambiador de Carcelén, la vía Panamericana Norte hasta muy próximo a la entrada a Carapungo en una longitud de 2.60 kilómetros cuenta con una sección típica de 4 carriles con un parterre central de aproximadamente 3 metros de ancho,
- Desde la entrada a Carapungo hasta la salida de Calderón en una longitud de aproximadamente 3.70 kilómetros cuenta con una sección típica de 6 carriles, 3 por sentido con un parterre central variable entre 3-5 metros, complementada con calzadas de servicio para las urbanizaciones a cada lado.
- Desde Calderón la sección típica cambia notablemente a una carretera de primer orden de una calzada de 2 carriles con espaldones laterales, continuando hasta la población de Guayllabamba.

Con esta breve descripción el objetivo del estudio es darle capacidad a la vía existente mediante la ampliación de la vía Panamericana Norte desde Calderón hasta un punto que para este estudio lo vamos a denominar "COTO" que se encuentra a 7.901 kilómetros y a 4.31 kilómetros de la

Estación de Peaje. La ampliación sería de una vía de 2 carriles a una vía de 3 carriles, 2 carriles de subida y uno de bajada. Desde el punto Coto hasta Enlace Alpachaca sería una vía nueva con características equivalentes a una vía de primer orden para un terreno ondulado.

Para realizar esta ampliación hemos utilizado el levantamiento topográfico ejecutado por ASTEC para el Ministerio de Obras Públicas en el año de 1992 para los Estudios de Mantenimiento Periódico Mayor de la carretera Calderón – Guayllabamba – “Y” del Quinche.

En esa época todavía no se registraban los trabajos en archivos magnéticos, por lo que en esta etapa hemos procedido a digitalizar esta información, la misma que una vez editada nos sirvió para diseñar la ampliación que fue complementada con recorridos de campo.

Creemos que este diseño de ampliación es válido por cuanto si existe un eje que fue replanteado y que se encuentra referenciado, entonces los nuevos datos se localizarán a partir de este. Con relación al proyecto vertical puede existir cierta discrepancia, ya que al momento no se sabe exactamente cuántas capas de carpeta asfáltica han sido adicionadas, pero en todo caso hemos creído conveniente elevar al proyecto existente en el año 1992 en 15 centímetros.

El diseño final de la ampliación muestra que es factible ejecutarlo sin muchas complicaciones, se ha respetado casi en su totalidad en los sitios poblados la línea de fábrica existente.

No se ha previsto sitios que requieren de estructuras.

En el Cuadro C-7.13 se muestra un resumen de las características geométricas de esta alternativa.

Cuadro C-7.13

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE DISEÑO  
ACCESO: ALTERNATIVA NORTE  
TRAMO "AMPLIACION PANAMERICANA NORTE"  
Km 1+357.57 - Km 9+259.47

Velocidad de diseño (kph)	Pendiente	Longitud (metros)	Porcentaje (%)	
110	0.00 - 3.00	433.00	5.48	
100	3.01 - 4.00	806.43	10.21	
90	4.01 - 5.00	1,074.00	13.59	
80	5.01 - 6.00	459.00	5.81	
70	6.01 - 7.00	1,000.00	12.66	
60	7.01 - 8.00	4,019.47	50.87	
50	8.01 - 9.00	110.00	1.39	
<b>TOTAL</b>		<b>7,901.90</b>	<b>100.00</b>	
Desnivel total tramo (metros)			483.42	
Total pendientes y contrapendientes (metros)			483.42	
Elevación media (m s.n.m)			2,410.58	
Pendiente media (%)			6.12	
Pendiente absoluta (%)			6.12	
Longitud de bajadas (m)			7,901.90	
Longitud de subidas (m)			-	
Diferencia de nivel de bajadas (m)			483.42	
Diferencia de nivel de subidas (m)			-	
Velocidad de diseño (km/h)	Radios en Curvas horizontales	Numero total de curvas horizontales (u)	Longitud de curvas horizontales (m)	Porcentaje con relación a la longitud total de las curvas horizontales (%)
110	440 - Adelante	-	-	-
100	350 - 439	3	419.39	20.11
90	275 - 349	-	-	-
80	210 - 274	1	119.36	5.73
70	160 - 209	-	-	-
60	115 - 159	1	126.00	6.04
50	80 - 114	7	1,420.29	68.12
Numero Total		12		
Curvatura total (grados)			999.68	
Grado de curvatura (grados/km)			118.91	

En el alineamiento horizontal muestra que en las curvas horizontales, el 20.11 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 80 kph, el 6.04 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 60 kph y el 68.12 % esta diseñado para una velocidad de diseño de 50 kph.

El alineamiento vertical muestra que, el 5.48 % esta diseñado para una velocidad de 110 kph, el 10.21 % para una velocidad de diseño de 100 kph, el 13.59 % para una velocidad de diseño de 90 kph, el 5.81 % para una velocidad de diseño de 80 kph, el 12.66 % para una velocidad de diseño de 70 kph, el 50.87 % para una velocidad de diseño de 60 kph y el 1.39 % para una velocidad de diseño de 50 kph.

## **8. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE INTERCAMBIADORES Y PASOS TÍPICOS**

### **8.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

De acuerdo a los términos de referencia, en esta etapa pre-preliminar no es nuestro compromiso realizar el diseño de intercambiadores e intersecciones, pero con el objeto de tener cantidades y presupuestos, hemos procedido a realizar diseños de posibles soluciones las mismas que deberán ser analizadas y revisadas mas minuciosamente en etapas posteriores.

Para el diseño de los intercambiadores se analizo los resultados de los estudios de tráfico, el mismo que se ha utilizado en los diseños con el objeto de tener órdenes de magnitud que permitan realizar los comentarios, conclusiones y recomendaciones.

Para poder solucionar el problema del tráfico que va a producirse en la intersección y poder realizar el diseño correspondiente, se ha tomado en cuenta los siguientes datos:

- Clasificación funcional de las vías
- Datos de tráfico
- Topografía de la zona

Con esta información se definió una solución pre-preliminar adecuada del tipo de intercambiador o intersección, en el que se permitan los giros adecuados que demandan los flujos de tráfico y satisfagan las demandas con un aceptable nivel de servicio.

Particular atención se dio a la superficie que por derecho de vía, será afectada por un intercambiador o una intersección, cuyo alto costo fue un limitante que influencio en la adopción del tipo requerido.

#### **8.1.1 Tráfico**

En los intercambiadores el flujo de tráfico que no realiza ningún giro, cruza la intersección sin dificultad ni demora alguna. Para la circulación por las rampas, se ha buscado no ocasionar en las entradas y salidas mayor efecto a la corriente principal del trafico; con tal objeto se ha previsto longitudes normativas para los carriles de aceleración y deceleración, así como un ángulo recomendable de esviaje respecto a la alineación de la autopista.

En los giros a la izquierda se procuro utilizar conexiones directas, especialmente cuando los volúmenes de tráfico son elevados. Los giros a la derecha, dada su naturaleza, permiten con mas facilidad la conexión directa con las rampas hacia las vías secundarias, existiendo poca posibilidad de que se produzca confusión alguna en el conductor.

#### **8.1.2 Topografía**

En general, las características del terreno sobre el cual se desarrollan las alternativas tienen características onduladas, no ofrecen mayor problema para el diseño de las rampas, en todo caso en estos prediseños se ha procurado encuadrar los parámetros del proyecto dentro del marco topográfico del lugar, aprovechando los desniveles en la mejor forma posible.

#### **8.1.3 Seguridad**

Entre las características de una correcta operación en un intercambiador esta la de funcionar con un mínimo de conflictos en la circulación de vehículos, entre los que giran y los que continúan en las corrientes principales de tráfico. Esto se ha conseguido mediante el diseño específico de carriles de cambio de velocidad, que eliminan en el conductor el empleo de maniobras peligrosas en su intento por salir o por incorporarse a una nueva corriente de tráfico.

## **8.2 NORMAS DE DISEÑO**

Para realizar los prediseños de los intercambiadores e intersecciones se ha seguido en general, los lineamientos señalados en los manuales de "A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets" AASHTO-1973, "Manual de Ingeniería de Tránsito" (Reuben H. Donelley), "Manual de Diseño de Carreteras" MOP-001-E-1974, "Normas de Diseño Geométrico de Carreteras" MOP-2003, "Recomendaciones para el proyecto de Intersecciones MOP y otros manuales para diseño de vías urbanas. Estas normas facilitaron la utilización de los valores de diseño dándole características que se indican a continuación:

### **8.2.1 Alineamiento horizontal**

En los intercambiadores las características técnicas de diseño de las rampas están supeditadas a las de las vías principales, en este caso a la de las alternativas. La velocidad de diseño varía entre 30 y 70 kilómetros por hora

El alineamiento horizontal se realizó siguiendo las características existentes de las alternativas y de las avenidas, limitándose en ciertos casos a respetar las líneas de fábrica mediante la localización de un eje central que constituye el ancho medio de la avenida existente, a partir del cual se diseñaron los diversos carriles de circulación.

Para que los intercambiadores proporcionen el mínimo conflicto de circulación entre los vehículos que giran y los que continúan en los sentidos principales de tráfico, se diseñaron carriles de cambio de velocidad que permiten a los vehículos ingresar sin peligro a una nueva corriente de tráfico.

En el Cuadro C-8.1 se presentan los valores recomendables de velocidad y de radios de curvatura con relación a la velocidad de diseño de la avenida principal que se desarrolla a nivel. La velocidad de diseño utilizada esta entre 30 y 70 kilómetros por hora

**Cuadro C-8.1**

### **VALORES RECOMENDABLES DE VELOCIDAD DE DISEÑO EN RAMPAS EN RELACIÓN A LA VELOCIDAD DE DISEÑO DE LA CARRETERA PRINCIPAL**

Velocidad de diseño de la vía (km)		50	60	70	80	90	100	110
Velocidad de diseño de la rampa (km)	Recomendable	50	55	65	70	80	85	90
	Mínimo	30	30	34	40	50	40	50
Radio mínimo correspondiente (m)	Recomendable	75	95	135	160	210	240	275
	Mínimo	25	25	35	45	75	75	75

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Rural Highways

Cuadro C-8.2

RADIOS MÍNIMOS PARA CURVAS EN RAMALES O LAZOS

Velocidad de diseño de la vía (km)	20	30	40	50	60	65
Factor de fricción lateral (f)	0.35	0.29	0.23	0.20	0.17	0.16
Peralte mínimo asumido (e)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09
Total (e+f)	0.35	0.31	0.27	0.26	0.25	0.25
Radio mínimo calculado (m)	9.00	22.86	46.66	75.71	113.39	133.07
Radio mínimo de diseño (m)	10.00	25.00	45.00	75.00	115.00	135.00
Velocidad promedio operación (km/h)	20	25	35	40	50	54

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Rural Highways

8.2.2 Alineamiento Vertical

Para el alineamiento vertical se trata de mantenerse dentro de las normas recomendables con una gradiente máxima del 8%, si bien las normas aceptan en casos excepcionales hasta el 10%.

Se ha previsto que las curvas verticales empleadas tengan longitudes mayores a la requerida para una distancia de visibilidad apropiada de parada..

El diseño del proyecto vertical se ubica en los ejes de cada rampa, siendo además el punto de giro para el desarrollo de los peraltes.

Para determinar las longitudes de las curvas verticales, se utiliza las siguientes expresiones:

- Curvas verticales Convexas  $L = K.A$
- Curvas verticales Cóncavas  $L = K.A$

Siendo:

A = Diferencia algebraica de las gradientes

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

En el Cuadro C-8.3 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales Convexas y Cóncavas.

Cuadro C-8.3

CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad para parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = $S^2/426$		Curvas Verticales Cóncavas 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	19	18.5	18

### 8.2.3 Peraltes

En función de la velocidad de diseño y de los radios de curvatura se determina el peralte en porcentajes con cierto grado de variación, los mismos que se indican en el cuadro C-8.4. La longitud de desarrollo fue establecida de acuerdo a las gradientes longitudinales para la sobre elevación del borde exterior de la rampa.

Cuadro C-8.4

#### VARIACIÓN DEL PERALTE (EN PORCENTAJE) PARA RAMALES Y LAZOS

Radios (m)	Velocidad de diseño (km/h)					
	25	30	40	50	60	70
15	2-12					
30	2-7	2-12				
45	2-5	2-8	4-12			
70	2-4	2-6	3-8	6-12		
95	2-3	2-4	3-6	5-9	8-12	
130	2-3	2-3	3-5	4-7	6-9	9-12
180	2	2-3	2-4	3-5	5-7	7-9
305		2-3	2-3	3-4	4-5	5-6
460			2	2-3	3-4	4-5
610			2	2-3	2-3	3-4
915				2	2	2-3

Fuente: ASSHTO-1973

*Nota:* Es preferible utilizar peraltes mayores a la mitad o dos tercios del rango señalado.

### 8.2.4 Secciones Transversales

De acuerdo al volumen de tráfico determinado en el estudio de tráfico, se adoptaron las secciones transversales de las rampas, existiendo variación en cuanto se refiere a anchos y número de carriles.

En el Cuadro C-8.5 se presenta el dimensionamiento utilizado para las rampas en sección normal.

Cuadro C-8.5

#### ANCHO DE CALZADA EN RAMPAS NUEVAS PARA ALINEACIONES EN TANGENTE

Rampas	Ancho Pavimento (m)	Ancho Espaldón (m)		Ancho aceras (m)	
		Izq.	Der.	Izq.	Der.
1 carril-1 sentido	4.30	0.50	2.50	2.00	2.00
2 carriles-1 sentido	7.30	2.50	2.50	2.00	2.00

*Nota:* Dependiendo de la ubicación del intercambiador se ha considerado en unos casos el diseño de aceras peatonales de un ancho de 2.00 metros.

El ancho de pavimento de 4.30 metros con espaldón de 2.50 metros para rampas que llevan tráfico en un solo sentido, permite la posibilidad de rebasar a un vehículo estacionado y garantiza una operación continua en la rampa.

Para estas secciones la pendiente transversal adoptada es del 2%, con pendiente única hacia la parte externa de la calzada. El punto de aplicación del proyecto vertical y de giro del peralte será el eje de las rampas.

En el gráfico G-8.1 y G-8.2 se muestra las secciones típicas de las rampas utilizadas para el diseño de los intercambiadores.

### **8.2.5 Terminales de Ramales o Lazos**

Se ha definido como terminales de ramales o lazos, aquella porción adicional de vía que se desarrolla a un lado de la vía, tanto a la entrada como a la salida hacia el ramal, como a la entrada del ramal en la vía principal, que incluye los carriles de cambio de velocidad.

Existen dos tipos de carriles de cambio de velocidad, el paralelo y esviado; se ha utilizado el segundo. Este tipo consiste en una salida hacia el ramal o lazo, o una entrada desde estos hacia la carretera, mediante una variación en la alineación del borde de la calzada, con una deflexión bastante pequeña.

El tipo esviado de entrada o salida permite una operación sin interferencias aún con volúmenes de tráfico tan altos como los registrados para un nivel de servicio E (capacidad).

Las normas recomiendan para autopistas y carreteras principales un esviamiento 50:1 (distancia longitudinal para cada unidad de desplazamiento transversal). Cuando se trate de un desarrollo en una zona urbana se ha considerado esviamientos mínimos de 30:1

### **8.2.6 Tipos de intercambiadores considerados**

#### **8.2.6.1 Alternativa sur**

En esta alternativa se ha considerado los siguientes intercambiadores

<b>Nombre</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Tipo</b>
Intercambiador Auquitas	km 0+000	Trompeta
Intercambiador Lumbisi	km 3+396	Glorieta en 2 niveles
Intercambiador Intervalles	km 5+738	Diamante
Intercambiador Tumbaco 1	km 7+568	Trompeta
Intercambiador Tumbaco 2	km 9+158	Glorieta en 2 niveles
Intercambiador El Arenal	km 11+718	Diamante
Intercambiador Puembo	km 12+600	Trompeta

#### **8.2.6.2 Alternativa Zámbriza**

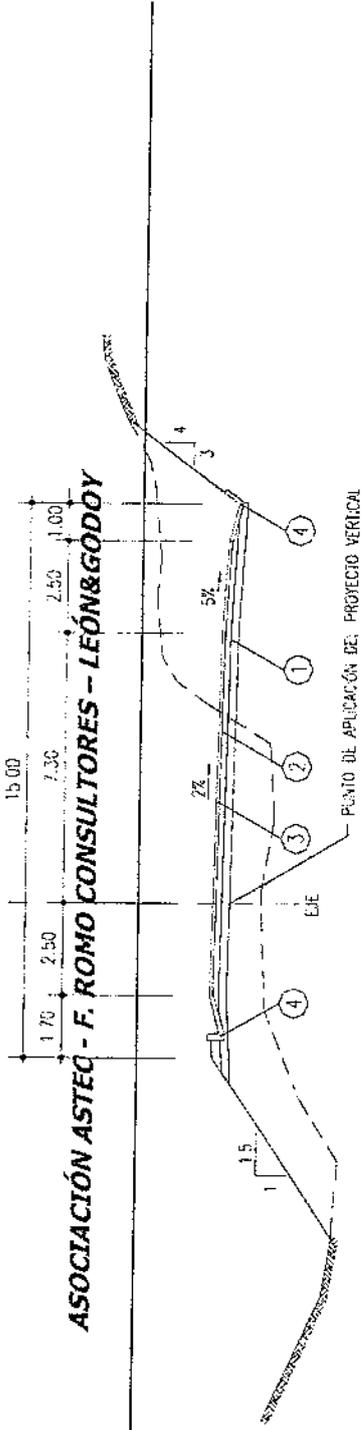
En esta alternativa se ha considerado los siguientes intercambiadores

<b>Nombre</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Tipo</b>
Intercambiador "Puembo"	km 10+850	Glorieta en 2 niveles
Intercambiador "Guambi"	Km 12+155	Diamante
Intercambiador "Conector Aeropuerto"	km 13+533	Trompeta

8.2.6.3 Alternativa norte

En esta alternativa se ha considerado únicamente intersecciones a nivel

<b>Nombre</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Tipo</b>
Intersección "Pana Norte"	km 0+000 "A"	Glorieta
Intersección "Uravia"	km 4+600 "A"	Glorieta
Intersección "Otón de Vélez"	km 11+500 "A"	Glorieta
Intersección "Aeropuerto"	Km 13+600 "A"	Glorieta
Intersección "Guayllabamba"	Km 0+000 "B"	Glorieta
Intersección "Yaruquí"	km 2+400 "D"	Glorieta



ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES - LEÓN & GODOY

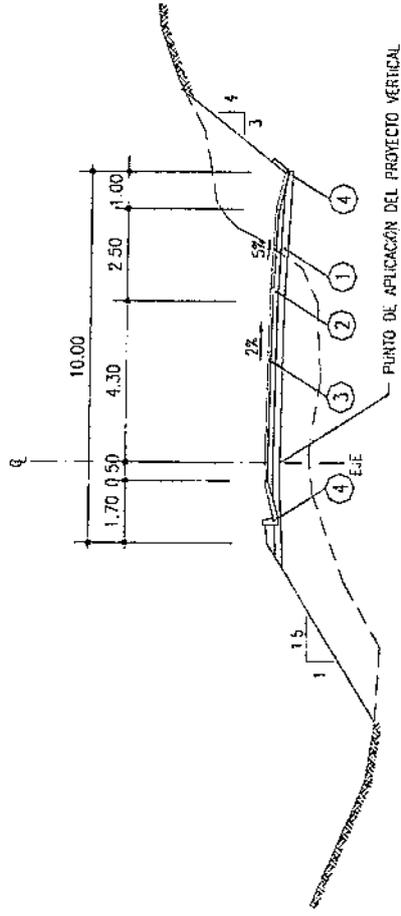
# SECCIÓN TÍPICA NORMAL MIXTA RAMPA 2 CARRILES

ESCALA 1:200

## LEYENDA

- ① SUB BASE GRANULAR
- ② BASE ASFÁLTICA
- ③ CARPEA FORMIGÓN ASFÁLTICO
- ④ CUNETA LATERAL  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

 <b>ASOCIACIÓN</b> ASTEC	 <b>FERNANDO ROMO</b> CONSULTORES	 <b>CORPAQ QUITO</b> <small>Corporación Aeroportuaria Zona Franca del Distrito Metropolitano de Quito</small>	PROYECTO <b>ANÁLISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN</b>	CONTENIDO <b>SECCIÓN TÍPICA MIXTA RAMPA 2 CARRILES</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ESCALA</td> <td>1:200</td> <td>FECHA</td> <td>01/2015</td> </tr> <tr> <td>OP/ID</td> <td></td> <td>OP/ID</td> <td>0-8.1</td> </tr> <tr> <td>DESARROLLO</td> <td>ASTEC - MR</td> <td>REVISIÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="font-size: small;">A D - Secciones Típicas de g</td> </tr> </table>	ESCALA	1:200	FECHA	01/2015	OP/ID		OP/ID	0-8.1	DESARROLLO	ASTEC - MR	REVISIÓN		A D - Secciones Típicas de g			
ESCALA	1:200	FECHA	01/2015																		
OP/ID		OP/ID	0-8.1																		
DESARROLLO	ASTEC - MR	REVISIÓN																			
A D - Secciones Típicas de g																					



SECCIÓN TÍPICA NORMAL MIXTA RAMPA 1 CARRIL

ESCALA 1:200

LEYENDA

- ① SUB-BASE GRANULAR
- ② BASE ASFÁLTICA
- ③ CARPETA HORMIGÓN ASFÁLTICO
- ④ CUNETTA LATERAL  $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$

CONVINO: G-82

RAMPA 1 CAP

ESCALA: 1:200  
 FECHA: 04/2005  
 DIBUJO: ASTEC - JP  
 A.D.: Sección Típica.dwg

SECCION TÍPICA MIXTA  
 -ARRIL

NACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACION

PROYECTO: ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE SELECCION DE LA VIA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO INTERNA

CORPAQ | QUITO  
 Corporación Metropolitana y Area Planificada de Quito  
 I.D.E.C. - Instituto de Estudios de Quito

ASOCIACIÓN  
 FERNANDO ROMO  
 L&G  
 CONSULTORES

ASTEC

## **9. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE PAVIMENTO**

### **9.1 GENERALIDADES**

El diseño del pavimento sigue el procedimiento y metodología recomendado por la AASHTO en su Guía del Diseño de Pavimentos, edición 1993. Para este trabajo se consideraron las siguientes alternativas de construcción. Los parámetros de diseño para cada caso se describen más adelante, en los capítulos respectivos:

- Pavimento flexible, con capa de base granular, considerando una duración de 20 años. Como alternativa se considera una duración de 10 años en una primera etapa y un refuerzo que extienda la vida a 20 años.
- Pavimento flexible, con capa de base asfáltica, considerando una duración de 20 años. Como alternativa se considera una duración de 10 años en una primera etapa y un refuerzo que extienda la vida a 20 años.

Como insumos básicos se tienen los datos de los estudios de tráfico realizados para este proyecto, la investigación de la subrasante, descrita en los capítulos correspondientes y los datos específicos sobre la geometría de la vía a analizar.

### **9.2 CONSIDERACIONES PREVIAS**

Como antecedente básico se tiene que la magnitud de las cargas de tráfico es alta, por lo que necesariamente se debe colocar una capa de rodadura asfáltica, en caliente, pues no se recomienda la construcción de mezclas en frío para el tráfico que se espera para el proyecto.

La guía de diseño de la AASHTO recomienda para cargas de tránsito superiores a 7'000.000 de ejes equivalentes, espesores mínimos de 10 cm de concreto asfáltico y 15 cm de base granular.

Como paso previo al diseño se procedió a realizar las siguientes tareas:

- Definición de Secciones Homogéneas para diseño. Como ya se indicó, en vista de la relativa homogeneidad de los materiales y la longitud del proyecto, se considera una sola sección de diseño.
- Determinación de los parámetros resistentes de la subrasante, en base a las mediciones de los ensayos CBR en probetas compactadas en laboratorio, o para segmentos de vía localizados dentro del área de estudio y que tienen características geotécnicas semejantes.
- Definición de las demás variables necesarias, incluyendo el tráfico que utilizará la vía durante el período de diseño.

### **9.3 RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE**

Los valores de CBR medidos en el estudio del sistema vial denominado "Autopista Quito" son superiores a los obtenidos en esta oportunidad, ambos se saturaron 4 días de la prueba, por lo que no se consideraron en este análisis. Para obtener el Módulo Rescillante de la subrasante, para el diseño de pavimentos flexibles, se empleó la ecuación que correlaciona dicho valor con el ensayo CBR. Como el comportamiento del suelo depende de la humedad, se consideró el valor del 80% permisible (CBR = 7,5) como representativo de los meses más lluviosos, un 70% permisible (CBR = 10) para los meses de lluvias menos intensas, y el 60% permisible para los meses secos.

Con estas consideraciones, se obtuvo un valor del Módulo Resiliente para el diseño de 8.000 psi (que corresponde a un CBR aproximado de 6,0), siguiendo las fórmulas del deterioro relativo que permiten establecer el valor promedio, a lo largo de todo el año, de este parámetro. Por facilidad de lectura, todos los cálculos y gráficos se presentan en el Anexo 9.

## **10. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE OBRAS DE DRENAJE MENOR**

Los criterios utilizados para el diseño pre-preliminar de obras de drenaje menor, son aplicables a todas las alternativas propuestas y son de tipo general.

Las condiciones del uso del suelo de la microcuenca de drenaje exigen considerar:

- Evitar las descargas directas a Los Ríos o quebradas sin obras de protección en el cauce
- Es imprescindible incluir estructuras de disipación al pie de las rápidas proyectadas.
- Es preferible utilizar en descargas, rápidas escalonadas que rápidas lisas, debido a la gran cantidad de sedimento de arrastre.
- Para el control del escurrimiento y la erosión se utiliza canales en media ladera, con las correspondientes obras de captación, conducción, disipación de energía y descarga hacia un punto controlado.
- Se puede utilizar materiales de construcción como hormigón, PVC, o Acero, pero, debido a la gran cantidad de sedimentos de arrastre que limita la vida útil de las obras por su mayor capacidad erosiva, se deben tomar las medidas necesarias tanto en el diseño hidráulico como el estructural.
- Se debe asegurar que las obras hidráulicas dispongan de transiciones que tomen en cuenta velocidades mínimas de arrastre de sedimentos.
- Para velocidades máximas, se debe considerar los efectos de erosión debido a flujos hiperconcentrados en las obras, por lo que se sugiere no sobrepasar de velocidades de diseño en colectores y alcantarillas de 7 m/s. Para velocidades superiores se debería realizar obras especiales de control.
- Impedir el taponamiento del ingreso de la alcantarilla mediante rejillas de protección.

### **10.1 DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ALCANTARILLAS**

Se colocará alcantarillas en:

- Puntos de cruce de la vía con cuerpos hídricos de importancia
- Cuando exista la necesidad de colocar alcantarillas de paso; debido a la concentración de flujos en puntos sin drenaje.
- En sitios de entrega de bajantes.

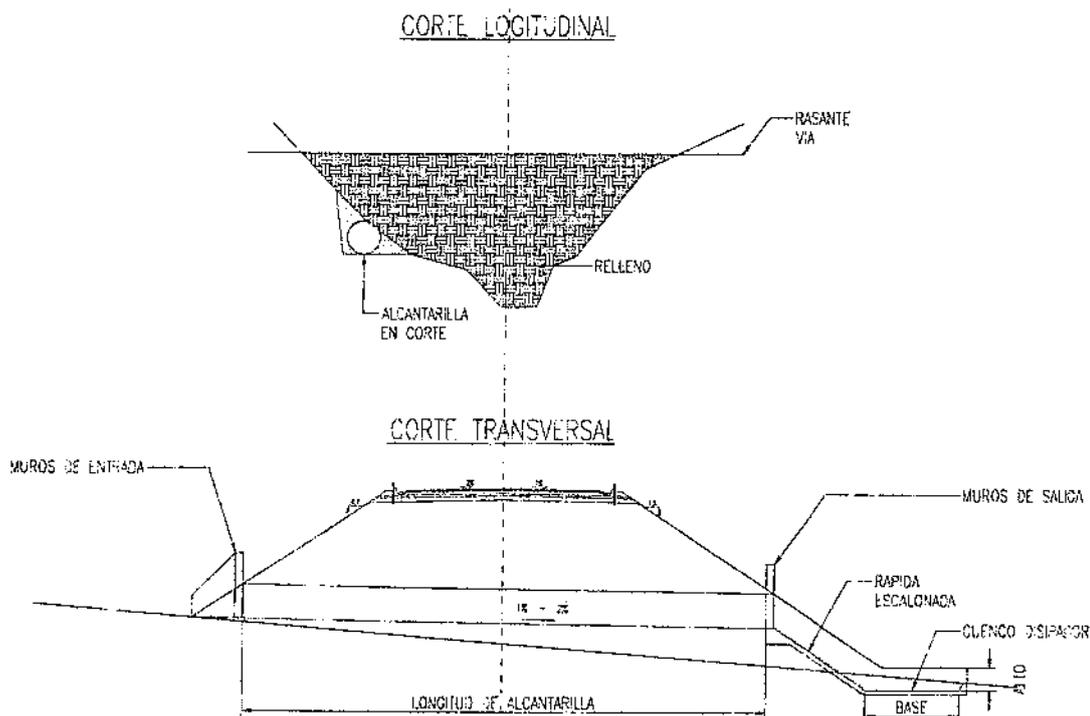
#### **10.1.1 Dimensionamiento de las alcantarillas**

Para el dimensionamiento de las alcantarillas, se parte de los caudales proporcionados por el cálculo de los caudales de crecida en el estudio hidrológico. El caudal proporcionado corresponde al caudal de diseño de alcantarillas y estructuras complementarias con período de retorno de 50 años para las primeras y de 25 años para las últimas.

Debido a las altas pendientes de los cauces de los cuerpos hídricos que atraviesa la vía, las alcantarillas son diseñadas con una pendiente máxima apropiada; según las velocidades permitidas, para posteriormente realizar una rápida escalonada de descarga con su respectivo cuenco de disipación a su pie.

### 10.1.2 Dimensionamiento y Diseño Pre-Preliminar de Alcantarillas en rellenos Altos en la Vía y Zonas de depósito

La mayoría de los cauces de las quebradas; atravesadas por las distintas alternativas viales, poseen pendientes longitudinales bastante empinadas. En base a los conceptos emitidos acerca del equilibrio en los cauces y el diseño de alcantarillas, se ha diseñado alcantarillas que atraviesan los rellenos con pendientes bajas (del orden del 1 al 2%) en corte, de manera lateral; esto implica que las zonas destinadas a los rellenos se ubican bajo las alcantarillas. Por tanto el alto del relleno no afecta de manera importante al refuerzo de las tuberías.



Sin embargo para el drenaje de cuerpos hídricos de importancia (Caudales de crecida altos), las pendientes son relativamente pequeñas, del orden del 1%, por lo que, la alcantarilla debe proyectarse al fondo del cauce, estos casos se observan en:

#### 10.1.2.1 Alternativa Norte

Alcantarilla 12+487, Subtramo ASTEC A, conformada por dos tuberías de 2.4 m de diámetro cada una, con una altura de relleno de 44 m.

Alcantarilla 1+092, Subtramo ASTEC D, conformada por dos tuberías de 2.4 m de diámetro cada una, con una altura de relleno de 27 m.

#### 10.1.2.2 Alternativa Sur

Alcantarilla 3+910, conformada por una alcantarilla de dos celdas de hormigón armado de 1.5 x 1.5 m cada una, con una altura de relleno de 30 m.

Alcantarilla 9+430, conformada por una alcantarilla de una celda de hormigón armado de 2.5 x 2.5 m cada una, con una altura de relleno de 33 m.

10.1.2.3 Alternativa Zámbriza

Alcantarilla 10+850, conformada por una alcantarilla de acero corrugado de 1.8 m de diámetro con una altura de relleno de 28 m.

El alto del relleno por tanto debe considerarse en los análisis estructurales de los espesores de las alcantarillas en acero, o del refuerzo en las de hormigón armado.

En términos de la función que desempeñan estas estructuras, lo más adecuado se considera el colocar tuberías con pendientes bajas, para posteriormente, mediante una rápida, devolver las aguas al cauce con un cuenco disipador de energía al final de esta.

Debido al bajo o nulo nivel freático observado, no se incluye preliminarmente drenes en los rellenos, sin embargo no se debería descartar esta posibilidad durante los estudios definitivos de la alternativa seleccionada.

## **10.2 DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE DRENAJE**

### **10.2.1 Introducción**

Las obras civiles de drenaje, tienen el objetivo de asegurar el buen funcionamiento de la infraestructura vial proyectada, permitiendo que el agua superficial que escurre por la vía sea desalojada lo más rápidamente y que los flujos que llegan de manera lateral no ingrese hacia los firmes de la estructura.

Se diferencian los flujos difusos y concentrados, dentro de los difusos se habla del agua que escurre de manera laminar hacia y por la vía, y los concentrados los que por medio de alcantarillas son evacuados de manera controlada.

También se debe diferenciar a los flujos por medios porosos o subterráneos, que causan problemas a los firmes ya sea en corte o en relleno. Sobre esto último vale recalcar que los flujos en medios porosos no se han observado en las visitas de campo realizadas a los trazados. Puntos específicos por concentración de aguas superficiales sin desalojo, pueden en cierto momento necesitar drenes longitudinales, sin embargo en la etapa presente no se considera adecuado realizar este análisis.

### **10.2.2 Principales elementos del Drenaje Superficial**

Los flujos difusos son controlados mediante cunetas de coronación y laterales, mientras que los flujos concentrados se los controla mediante las alcantarillas y colectores.

Se distinguen los siguientes elementos de drenaje:

- Cunetas laterales;
- Cunetas de coronación;
- Cunetas de contacto en rellenos;
- Bajantes;
- Colectores;
- Rápidas;
- Cuencos disipadores;
- Obras de protección en los cauces;
- Obras de protección en laderas.

#### 10.2.2.1 Protección en Cauces

Las obras de protección en cauces, representan el conjunto de obras civiles tendientes a evitar el desequilibrio en el cauce generado por descargas de flujos concentrados. Estos flujos son el resultado de la redistribución del drenaje de la zona, como consecuencia de la implantación de la infraestructura vial dentro del área de intervención.

Consisten principalmente en obras en gaviones colocados aguas abajo de la descarga con fines de proteger los cauces, evitando la disminución de su pendiente y sus subsecuentes problemas relacionados.

#### 10.2.2.2 Protección en laderas

Los procedimientos no estructurales de protección en laderas tienen el objetivo de recuperar las laderas altamente erosionadas, tal recuperación podría hacerse con árboles, arbustos y hierbas nativas de la zona. Para asegurar su protección se debería realizar una protección absoluta contra la invasión de cabras u otros animales domésticos.

Como medidas estructurales se pueden colocar canales a media ladera que concentren los flujos de agua de manera controlada con descargas y cuencos disipadores a su entrega. Estas cunetas ayudan a mejorar el equilibrio de las laderas, controlando la fuerte erosión laminar.

El riego es una medida necesaria para conseguir la recuperación de dichas laderas, por lo que un sistema de captación conducción y distribución del flujo debería implementarse, ya sea mediante gravedad o mediante el bombeo de aguas de los ríos principales como son el Río Guayllabamba, Río San Pedro, Río Chiche y Río Uravía.

Tanto la protección de los cauces como de las laderas se enfocan como obras de recuperación del hábitat de la zona, y se indica de manera descriptiva. Sin embargo se recomienda tomar mucho en cuenta en la etapa de diseño definitivo del acceso al Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito.

Los beneficios de estas actividades son principalmente:

- La disminución de los caudales de crecida, lo que mejora el equilibrio de las quebradas de la zona.
- La disminución de pérdida de suelo y por tanto de sedimentos arrastrados hacia las estructuras que concentran el flujo.
- La disminución de costos de mantenimiento vial, especialmente por limpieza de sólidos sedimentados y la de desestabilización de obras por erosión regresiva.
- La mejora del componente paisajista, prioritario en una vía de importancia que representa la primera impresión de llegada a la Capital.
- La mejora en la infiltración hacia acuíferos.

El manejo de las microcuencas de aporte al escurrimiento que cruza la vía, se complementa con los objetivos de un adecuado trazado vial. Por lo que, la alternativa seleccionada, debe considerar en sus componentes, estos aportes técnicos para garantizar su apropiado funcionamiento.

#### 10.2.2.3 Colectores Interceptores

Se coloca colectores interceptores en tramos donde se cumple:

- Fuerte pendiente que obligue al flujo superar velocidades máximas permisibles;

- Tramos con cortes proyectados importantes;
- Falta de un cuerpo hídrico adecuado para su descarga y;
- Mejorar las condiciones de equilibrio de las quebradas de la zona de vida por la que atraviesa la vía.

Dentro de su diseño se ha proyectado, por un lado tuberías plásticas por su facilidad de colocación y su economía hasta un diámetro máximo de 0.9 m y velocidades máximas de 9 m/s. También se ha utilizado colectores en hormigón armado con rugosidad artificial, específicamente con gradas. Esta medida ayuda a aumentar el coeficiente de rugosidad de los colectores, disminuyendo las velocidades a las cuales trabajarán, mejorando con esto su vida útil debido a la alta tasa de sedimentos arrastrados en cuencas degradadas.

Se ha considerado profundidades mínimas de 1.20 m sobre la clave del conducto, para permitir el ingreso de tuberías del drenaje transversal (sumideros).

El período de retorno utilizado para colectores es de 25 años.

Las curvas intensidad duración frecuencia corresponden a la estación Quito-Aeropuerto; indicada en el Capítulo IV - Hidrología.

El tiempo de concentración mínimo para colectores se ha tomado igual a 5 minutos.

Se presenta una hoja de cálculo realizada en Excel, donde se observan las dimensiones y características hidráulicas de su funcionamiento. Se presenta un reporte anexo a este capítulo; ordenado según las distintas alternativas analizadas.

#### 10.2.2.4 Cunetas Laterales

Las cunetas laterales paralelas a la vía deben acompañar a todo lo largo de los trazados de las alternativas, esto considerando que la zona está sujeta a fuertes intensidades de lluvias y alta tasa de sedimentos.

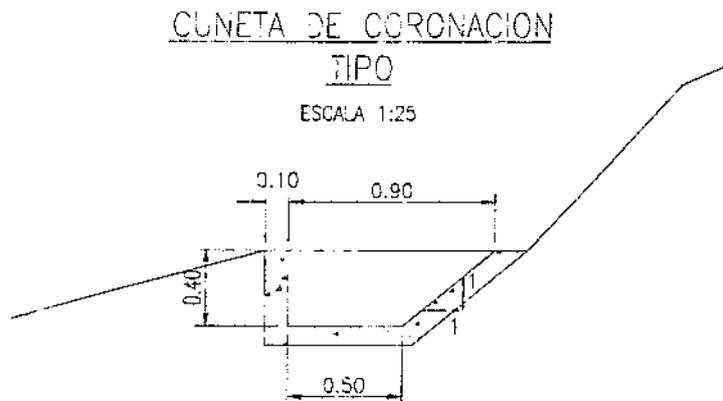
Sus dimensiones se recomienda realizarlas no menores de 20 cm de profundidad y en sección triangular que tome en cuenta la seguridad vehicular.

#### 10.2.2.5 Cunetas de Coronación y relleno

Se coloca cunetas de protección en:

- Protección de los taludes de corte en la vía;
- Protección de los puntos de concentración de flujo en sitios de contacto de los rellenos con el suelo natural; cunetas en relleno.

La cuneta tipo utilizada es:



#### 10.2.2.6 Bajantes

Tienen el objetivo de entregar el flujo concentrado por las cunetas hacia los colectores o cauces naturales de manera controlada, impidiendo la erosión y desestabilización de áreas aledañas.

Se coloca bajantes en:

- Puntos donde la vía se proyecta atravesando cortes importantes e influenciados por escurrimientos superficiales concentrados por cunetas de coronación.
- Puntos de entrega de cunetas de coronación a quebradas.

Toda bajante, incluye una rápida en canal de hormigón estructural con rugosidad artificial (gradas), con una obra de disipación a su pie. Cuando por falta de espacio, no se pueda colocar obras de disipación se coloca estructuras civiles de impacto. Como excepción de lo dicho, en el caso de que la entrega después de la rápida se lo realice sobre cuerpos hídricos de importancia, tales como el río San Pedro o el río Guayllabamba, se elimina el cuenco disipador y se coloca un salto en ski.

#### 10.2.2.7 Descargas

Se coloca descargas en:

- Puntos de entrega de colectores interceptores

Las descargas están constituidas por una rápida escalonada y un cuenco disipador de energía, que permite una entrega controlada a la quebrada o río receptor. Se las calcula tomando en cuenta los efectos de la aireación; motivo de la macro rugosidad de las gradas. Se considera los estudios realizados en la temática por Hubert Chansón, 2002.

Los cuencos de disipación se los ha calculado asumiendo velocidades de ingreso fruto de un skimming flow en la rápida.

Para el cálculo de los cuencos, se utiliza los conceptos de cuencos disipadores con expansión, sin expansión y de impacto. Los dos primeros calculados con la siguiente ecuación<sup>2</sup>:

$$\eta^3 - \eta \left[ \frac{b}{B} + \frac{Fr_1^2}{4} \left( 1 - \frac{b}{B} \right) + \frac{2b}{B} \cdot Fr_1^2 \right] + 2 \left( \frac{b}{B} \right)^2 \cdot Fr_1^2 = 0$$

Donde:

$$\eta = \frac{Y_2}{Y_1}$$

$b$ , es el ancho del colector aguas arriba

$B$ , es el ancho del cuenco

$Y_1$ , es el alto del caído contraído

La longitud del colchón se ha calculado con la ecuación:

$$L = 6.9 \cdot (Y_2 - Y_1)$$

Para los cuencos de impacto se colocan estructuras de dimensiones mínimas recomendadas por el US. Water Bureau.

Los cálculos se los realiza en hoja Excell, y se los presenta en el anexo adjunto.

### 10.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DE DRENAJE DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

#### 10.3.1 Alternativa Norte

Dentro de esta alternativa se observa tres tramos denominados subtramo A, subtramo B y subtramo C.

##### 10.3.1.1 Subtramo A (Longitud igual a 13646 m):

Este subtramo se proyecta entre cotas 2147.50 hasta la cota 2433, con una diferencia de cotas de 286 m y con una longitud de 13646 m, lo que genera una pendiente media del 2%.

Las altas pendientes longitudinales; que llegan incluso al 8.8%, propician la proyección de colectores interceptores paralelos a la vía, se los ha ubicado en el eje de la vía, con pozos de visita colocados a una distancia máxima de 80 m.

Se ha proyectado sumideros tipo boca de lobo laterales a la calzada, que recolectan los flujos concentrados por las cunetas laterales, las cuales se consideran indispensables a lo largo de todo el trayecto del subtramo.

Se ha colocado cunetas de coronación con sus respectivas bajantes con estructuras de disipación a su entrega, ya sea a cuerpos receptores naturales como a colectores interceptores.

En su mayoría las áreas de drenaje tienen áreas menores a 250 ha, por lo que se utiliza el método racional en el cálculo. Como excepción se indica la alcantarilla 12+487 con área de aporte de 18.9 km<sup>2</sup>, por lo que se utiliza el método de hidrogramas unitarios sintéticos que toman en cuenta las características de las áreas de aporte superiores de la cuenca y su condición de zona de vida.

10.3.1.2 Subtramo B (Longitud igual a 3032.8 m)

Esta subtramo se proyecta entre cotas 2134 hasta la cota 2177, con una diferencia de cotas de 43 m y con una longitud de 3030 m, lo que genera una pendiente media del 1.4%. El microdrenaje en este tramo se ha controlado exclusivamente mediante alcantarillas transversales y cunetas de coronación.

Los cálculos realizados se presentan en el anexo adjunto.

10.3.1.3 Subtramo C (Longitud igual a 1107.4 m)

Esta subtramo se proyecta entre cotas 2202 hasta la cota 2275, con una diferencia de cotas de 73 m y con una longitud de 1107 m, lo que genera una pendiente media del 6.6%. El microdrenaje se controla mediante un colector interceptor, con pozos de visita cada 80 m dotados de sumideros tipo boca de lobo. Este tramo tiene altas pendientes por lo que se ha incluido colectores de hormigón con rugosidad artificial. Los cálculos realizados se presentan en el anexo adjunto.

10.3.1.4 Subtramo D (Longitud igual a 2410.1 m)

Este subtramo parte de la cota 2454.5 para terminar en la cota 2535, tiene una longitud total de 2410 m lo que constituye una pendiente promedio de 3.3%. Sin embargo, el tramo comprendido entre las abscisas 1+250 y 2+000, dispone de una pendiente del 8.5%, lo que obliga al control del escurrimiento mediante un colector interceptor ubicado al eje de la vía dotado de pozos de visita con sumideros laterales tipo boca de lobo, distanciados cada 80 m.

### **10.3.2 Alternativa Sur**

Esta alternativa se proyecta realizarla entre la cota 2638 y cota 2510, con una longitud total de 15763 m, lo que representa una pendiente promedio de 0.8%.

En su tramo inicial, desde la abscisa 0+000 a 2+000, atraviesa varias quebradas con influencia urbana, para lo cual se ha proyectado alcantarillas transversales que permiten el desalojo de los flujos generados. En la abscisa 2+090 se ha proyectado una alcantarilla-colector que capta los flujos superficiales y es conducido mediante un colector que se recupera en cota respecto al fondo del cauce, con ello se permite el empleo del área inmediata inferior para el uso como escombrera. Los flujos laterales que llegan a las escombreras son captados por dicho colector y por los elementos del drenaje de la vía (Cunetas), y posteriormente son trasvasados; siguiendo la ruta de la vía proyectada, hacia la siguiente quebrada inmediata (hacia el sur). Esto se lo ha realizado conociendo el grado de ocupación urbano de la primera quebrada indicada, las dimensiones del colector, y las necesidades constructivas de desvío.

El tramo comprendido entre la 3+900 y 5+450, dispone de una fuerte pendiente (7%), por lo que se ha proyectado un colector interceptor que descarga sus aguas en el Río San Pedro, mediante una rápida y un cuenco disipador a su pie.

El tramo comprendido entre la 5+700 y 11+600, cruza por el pie de ladera del Volcán Ilaló, y el drenaje se lo ha proyectado mediante alcantarillas.

En la abscisa 9+430, se ha proyectado una alcantarilla-colector, que drena un área de 8.5 km<sup>2</sup>, que representa la quebrada más importante dentro del micro drenaje. El área inmediata aguas abajo será utilizada como escombrera, por lo que se prevé una longitud de colector de 689 m.

Cruzando el puente al Río Chiche, el drenaje consiste en alcantarillas transversales, hasta llegar al fin del trazado.

### **10.3.3 Alternativa Zámbriza**

Desde sus inicios, dispone de un colector interceptor desde la 0+240 hasta la 2+470, en su punto final se empata con la alcantarilla 2+470 de sección rectangular de 1.5 x 1.5m. Las áreas aledañas aguas abajo se utilizarán para escombreras, por lo que se continuará con un colector de 785 m para posteriormente descargar su flujo mediante una rápida con cuenco disipador a su pie. En esta quebrada se debe colocar obras de protección en el cauce en una longitud de 740 m.

El colector dos, empieza en la abscisa 2+560, con una longitud de 1360 m, conduce las aguas pluviales que escurren por la calzada y los taludes laterales. En este tramo se incluye cunetas de coronación para conducir el escurrimiento de las laderas de manera controlada.

Este colector se descarga partiendo de la abscisa 3+920; antes del ingreso al tramo en túnel, mediante una rápida escalonada con cuenco disipador a su pie.

En la abscisa 4+510, se ha incluido una alcantarilla que drena un área importante de 119 ha, de 1.8 m de diámetro.

Desde a abscisa 4+640 tiene su inicio un nuevo colector interceptor que se proyecta hasta la abscisa 6+560, punto en el cual se coloca una rápida de tipo escalonada con un cuenco disipador a su pie. La entrega del caudal se lo realiza al Río Guayllabamba.

A partir de la abscisa 7+300, la pendiente longitudinal de la vía es de 7.5%, y discurre entre cortes superiores a 10 metros. En este tramo se coloca un colector desde la abscisa 7+040, hasta la 8+080. Su punto de descarga se lo realiza en la abscisa 7+040 mediante una rápida y un cuenco disipador.

En la 8+270, se ha colocado una alcantarilla de sección rectangular que se prolonga mediante un colector de 808 m de longitud. Su función consiste en proteger las escombreras proyectadas aguas debajo de la misma quebrada. La descarga de esta alcantarilla se lo realiza mediante una rápida y un cuenco disipador.

Las altas pendientes longitudinales en este tramo se mantienen incluso hasta la abscisa 9+100, por lo que se incluye otro colector interceptor en el tramo 8+320 a 9+360.

Desde la 9+500 a la 13+500, se ha controlado el escurrimiento superficial mediante alcantarillas y cunetas de coronación. En la 10+850 se coloca una alcantarilla y se la prolonga para permitir que el área inmediata aguas abajo; en la quebrada, sea utilizada como escombrera. Esta alcantarilla por tanto, se la prolonga en una longitud de 820 m con menor pendiente que la del cauce natural. Al final de esta alcantarilla se coloca una rápida, que entrega su caudal nuevamente a la Quebrada, impidiendo la erosión regresiva mediante un cuenco disipador.

**11. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS ESPECIALES,  
PUENTES Y OTRO TIPO DE ESTRUCTURAS**

Ver Informe Fase 2: **D: Diseño Estructural de Puentes**

## 12. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

### 12.1 INTRODUCCIÓN

Para el proyecto de señalización de las alternativas de acceso al aeropuerto, se ha diseñado una cantidad suficiente de elementos y recursos para proveer un adecuado nivel de seguridad a los conductores y peatones.

Los estudios contemplan un plan integral de señalización horizontal y vertical dentro de los corredores viales y como caso particular se tratan las intersecciones e Intercambiadores. Como se señala mas adelante se ha tratado de ajustar los diseños y especificaciones a las normas existentes y utilizadas en el Distrito Metropolitano, para mantener la uniformidad.

#### 12.1.1 Dispositivos de control de tráfico

Los dispositivos de control de tráfico están constituidos por las señales verticales, señales horizontales y por los semáforos. Estos dispositivos tienen como funciones básicas:

- El informar al conductor de las condiciones que reúne aquello que le rodea.
- Informar al conductor para que sepa dónde está, cual es el mejor camino para alcanzar su destino o cuando ha llegado a él.
- Regular el uso de la vía en cada momento
- El avisar los posibles peligros que pueda encontrar el conductor.
- Aconsejar en qué forma debe conducirse para sacar el mejor partido posible del vehículo y de la vía, sin sobrepasar los límites de seguridad.

Dentro de las características de estos dispositivos están la uniformidad, lo que asegura la correcta interpretación de los mismos.

Este criterio se aplica también al diseño y se apega a las normas que a continuación se indican:

- 1) Las inscripciones que llevan las señales deberán ser uniformes en cuanto se refiere a su texto, forma y color. Es importante mantener los estándares de las señales actualmente instaladas, ya que una variación en los diseños provocaría confusión a los usuarios.
- 2) Conviene emplear el menor número de señales y nunca deberá recargarse la atención del conductor.
- 3) En caso de duda, deberá instalarse la señal que imponga una menor restricción.
- 4) Es mejor que repetir la señal de peligro el incluir una señal complementaria de regulación. De esta manera por el mismo costo se da una mayor información.
- 5) En cada poste deberá colocarse una sola señal y nunca bajo ningún concepto se colocarán más de dos. Sin embargo bajo cada señal se puede colocar una placa auxiliar complementaria indicando límites de velocidad, distancia al peligro, o su significado escrito.

Los estándares de diseño aplicados al proyecto recogen las recomendaciones de los manuales de diseño internacionales y locales, sin embargo estos diseños tiene que ser complementados con normas que han sido aplicadas dentro del Distrito Metropolitano, por la Dirección Provincial de Tránsito y las regulaciones de la Dirección Metropolitana de Transporte del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

Se ha tomado como referencias los siguientes estándares:

- (1) Inter-American International Road Sign System de la International Road Federation, 1984

- (2) Manual on Uniform Traffic Control Devices, Millennium Edition, Federal Highway Administration, 2000 y 2003.
- (3) Manual Técnico de Señales de Tránsito, Departamento de Planificación e Ingeniería de Tránsito, Dirección Nacional de Tránsito, 1993.
- (4) Especificaciones Técnicas para materiales y para la colocación de señales en Obras Viales MOP, Ing. Richard Hidalgo, Junio 1994.
- (5) Manual de procedimiento para la ubicación, colocación y mantenimiento de señales, MOP, Junio 1994.
- (6) Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-001-F del 2000.
- (7) Manual of Uniform Traffic Control Devices, Australian Standard. Standard Association of Australia, 1986.
- (8) Standard Highway Signs, Millennium Edition, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2000-2003.

La codificación de las señales horizontales y verticales ha sido provista por la Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad.

## **12.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

### **12.2.1 Señales de Reglamentación**

Este tipo de señales tiene como objetivo informar a los usuarios de las condiciones, prohibiciones, obligaciones o restricciones en el uso de la vía.

Dentro de las señales utilizadas para el proyecto podemos distinguir los siguientes tipos:

- Parada obligatoria (PARE).
- Vía preferencial o Ceda el Paso.
- Reglamentación de velocidad.
- Regulación del sentido de circulación.
- Prohibición de rebasamiento.

En cada caso para su localización se ha tomado en cuenta los criterios y principios de utilización descritos en los manuales anteriormente señalados

Las señales de regulación deber ser instaladas en el sitio donde se va a aplicar la regulación. En este tipo de señales debe estar claramente indicado el requerimiento impuesto por la regulación y deben ser diseñadas e instaladas para proveer una adecuada visibilidad y legibilidad para que la restricción sea cumplida por los conductores.

#### **12.2.1.1 Forma, colores y dimensiones**

A excepción de las señales R-1-1 y R-1-2 de "Pare obligatorio" y de preferencia "Ceda el Paso" respectivamente, estas son rectangulares, las señales tendrán el fondo blanco, la orla negra y el círculo interior deberá ser rojo (Pantone 187), los símbolos y la letra en color negro. Las dimensiones y características de estas están reseñadas en el plano de detalle y los detalles para su construcción se pueden ver en los manuales indicados. Por la importancia de la vía, para el diseño la señal reglamentaria es de 75 cm X 120 cm.

### **12.2.2 Señales de Prevención**

Las señales de advertencia o preventivas tienen como función en llamar la atención de los conductores de vehículos, debido a la existencia de un potencial peligro o de situaciones inesperadas. Esta placa exige generalmente al conductor una reducción de la velocidad con el objetivo de aumentar su seguridad.

Las placas de prevención se han colocado:

- En situaciones peligrosas de alineación vertical u horizontal
- Curvas reversas o sinuosas separadas por pequeñas tangentes
- Aproximación a Intersecciones como redondeles
- Ocurrencia de condiciones peligrosas
- Otras condiciones conforme a la indicación de uso de cada una de las placas dentro de los manuales.

La aplicación de la placa de advertencia física determina a partir de estudio de situaciones propias, siendo en algunos casos un criterio técnico (como por ejemplo radios de curvatura, aproximación a intersecciones, etc.) y en otros la decisión de su colocación depende del examen de las condiciones locales o del comportamiento de los usuarios de la vía.

Cabe señalar que uso excesivo de o indiscriminado de señales de advertencia es extremadamente desaconsejado, ya que se genera un alto grado de desobediencia.

La localización de señales preventivas tiene como factor determinante la velocidad prevaleciente en la vía y de la existencia de condiciones potencialmente peligrosas, en las que el conductor deberá realizar maniobras y tomar decisiones para conducir con seguridad.

La distancia recomendada se toma en base a tablas en las que se considera el 85 percentil de la velocidad. Para este caso la velocidad se toma como base los 75 a 90 Km/h y la distancia a las que se ha colocado las señales desde el punto de peligro varía entre 120 a 160 metros (distancia de colocación avanzada).

En términos generales si la velocidad prevaleciente es de 80 Km/h, se consideran donde situaciones para donde el criterio del conductor es requerido:

La condición A donde las condiciones típicas donde el conductor tiene que utilizar un tiempo extra para ajustar la velocidad y cambiar de carriles en condiciones de tráfico alto. La condición B que es la típica condición de una potencial situación de parada. Como las señales de Pare, Ceda el Paso. Estas distancias están basadas en el 1990 AASTHO Policy for stopping sight distance (pag. 120) con un tiempo de percepción y reacción 2.5 segundos y las recomendaciones de los Australian Standard MUTCD.

#### **12.2.2.1 Forma, colores y dimensiones**

Todas las señales de prevención tienen que ser de forma de diamante (cuadrado con una diagonal vertical). Las placas auxiliares son rectangulares. Los colores utilizados son el amarillo (Pantone 116) para el fondo, las leyendas y orlas en color negro. El tamaño de estas señales es de 0.75 m de lado, y para las placas de auxiliares P7-2 tiene una dimensión de 0.60 X 0.45 m.

### **12.2.3 Señales de Información**

Este tipo de señales sirve esencialmente para girar al usuario (vehículos privados, buses, peatones) a través de la ruta y presentan información de rutas en intersección, localización, orientación, distancia, a hitos o puntos de interés y existencia de facilidades para el conductor.

A las señales de información se las ha dividido en los siguientes grupos:

#### **1) Placas de indicación de ruta**

Estas placas son utilizadas para indicar al conductor la dirección de destino, de modo que pueda seguir su camino. Estas placas deben contener un máximo de 4 informaciones, se serán agrupadas por dirección.

En el proyecto se han establecido tres fases distintas en el proceso de utilización de las placas indicativas de dirección a lo largo de la vías:

- La primera fase en que se indica una distancia de 500 metros antes de la salida
- La segunda fase que se denomina "pre señalización", la que consiste en preparar al conductor para la ruta a ser seguida mas adelante colocada entre 200 a 250 metros.

En esta están indicados los nombres y la dirección hacia vías principales, barrios, hitos de fácil identificación etc. además también es necesario la posición del vehículo en la vía, debe ser indicada el carril de tráfico a ser utilizado.

La tercera fase, que se denomina "confirmación de salida", consiste en una señalización que indica de manera clara y unívoca, la dirección de la vía que debe ser tomada. Esta señalización debe ser colocada muy próxima al punto en el que el conductor debe efectivamente optar por la dirección a ser tomada, esta es colocada en el sitio de decisión.

#### **2) Placas de localización**

Las placas de localización tienen por finalidad el informar a los conductores el momento que estos han llegado a su destino o que han pasado cierto hito referencial, en el proyecto se utilizan cuando se cruza sobre un río importante.

#### **3) Placas de servicios auxiliares**

Las placas de servicios auxiliares son utilizadas con el objetivo de indicar a los conductores y peatones los sitios donde ellos pueden disponer de los servicios indicados.

Debido a que las vías propuestas son nuevas, no existen sitios de servicio indicados, sin embargo cuando estos sean provistos deberán colocarse este tipo de señales.

##### **12.2.3.1 Colores**

Los colores utilizados para las placas de dirección, indicación de sentido y localización deberán tener fondo verde (Pantone 342) y los símbolos y orlas de color blanco.

El diseño de cada una de las señales informativas deben ser ajustadas y diseñadas en la fase de proyecto definitivo, indicando las dimensiones de las leyendas y se deberán presentar planos con sus dimensiones.

#### **12.2.4 Ubicación**

En vías Interurbanas que tienen bordillos y aceras, la señal debe dejar una distancia libre con el borde de la calzada de al menos 0.60 m. Normalmente las señales son colocadas al lado derecho en relación al sentido de circulación de los vehículos, sin embargo pueden 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.

Las señales son usualmente montadas sobre un poste simple, sin embargo aquellas que tienen un ancho mayor a 1.22 m o un área que exceda de 0.80 metros cuadrados, generalmente deben ser montadas sobre dos o más postes.

En zonas urbanas, las placas deben mantenerse en una altura mínima de 2.10 m con el fin de permitir el paso libre de peatones y evitar que las placas estén al alcance de ellos. Se recomienda alturas de hasta 2.30 metros con el fin de disuadir el vandalismo.

#### **12.2.5 Puentes para Señales**

Se ha realizado un diseño de pórticos para la colocación de las señales informativas de guía cuya luz es variable. Los pórticos deben estar protegidos por guardavías a fin de que no representen peligro a los conductores y peatones.

Las especificaciones utilizadas serán las que se encuentran en la sección 707 del manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP -- 001 – F 2000. Los diseños de cimentación y estructurales definitivos deberán ser realizados por el contratista y aprobados por la fiscalización ya que depende de las condiciones propias del sitio donde se implanta esta señal.

Los detalles para la colocación están reseñados en los planos. El gálibo obligatorio será de 5.30 metros.

#### **12.2.6 Materiales**

Los materiales para la señalización vertical serán los recomendados dentro del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2000 y cuando no esté indicado se utilizarán las Especificaciones Técnicas para Materiales y Para la Colocación de Señales en Obras Viales, MOP, 1994. Se recomienda la utilización de material retroreflectivo, siendo el fondo y las orlas, símbolos y letras en un grado de alta intensidad reflectiva, con luces normales de vehículo.

Las placas a las que van adheridas estos materiales deberán ser de tol galvanizado en tamaños grandes, medios y pequeños, ya que este material da una mayor vida útil a la señal. En las placas de dimensiones mayores se utilizarán marcos y todos sus elementos auxiliares como pernos, tornillos, remaches y elementos de fijación deben ser galvanizados.

### **12.3 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL**

Su función principal es la de canalizar el tráfico a través de la vía proporcionando a su vez información al conductor sin necesidad de retirar la vista de la vía. "La demarcación horizontal en sí, se denominan líneas, mensajes, palabras, gráficos (flechas) y otras simbologías que se dibujan sobre la calzada u otros elementos como bordillos e islas, para controlar, prevenir, guiar o

informar a los usuarios de las vías. Pueden ser usadas ya sea conjuntamente con bordillos o con señales verticales o también pueden usarse por sí solas” (5).

### **12.3.1 Tipos y color**

La demarcación se la realiza mediante pintura u objetos marcadores individuales (tachas o bordillos montables de distintas formas y colores),

Se ha diseñado un sistema de marcas de pavimento constituido básicamente por marcas de color blanco y en casos donde existe división física de los carriles de color amarillo. Este color se utiliza para prevenir al conductor la existencia de flujo opuesto en el carril adyacente o de algún riesgo importante en el límite del carril izquierdo de la vía mas no en el extremo derecho donde se utilizará el color blanco.

Los tipos de señales horizontales se encuentran en los siguientes grupos:

#### **12.3.1.1 Líneas de Transversales**

En las que se encuentra las líneas de "pare" donde se tenga entrada o salida de vehículos, líneas de viraje y líneas de ceda el paso. Estas se hallan codificadas como:

- LT-1 Línea de pare
- LT-2 Línea de viraje
- LT-3 Línea de ceda el Paso

#### **12.3.1.2 Líneas Longitudinales**

**LG-1** Líneas de división de carril o de circulación, esta línea esta diseñada en color blanco y van entrecortadas. El ancho de 0.125, con una longitud del segmento de 3 y 9 de esparcimiento libre; su función es la de canalizar el tráfico en forma debida, cuando este va en el mismo sentido y especificar los carriles de alta y baja velocidad.

**LG-2** Líneas de continuidad o guía, de 1 metro de segmento y 3 metros de espaciamiento libre con un grosor de 0.20 m, son colocadas en sitios donde la vía no está bien definida o en sitios de transición donde se reducen o aumentan de carriles y ayudan al conductor a mantener la conducción sobre los carriles.

**LG-3** Líneas de aproximación de pare o semáforo, es una línea continua antes de la línea de pare, el ancho es igual a la línea de división de carril. Esta línea crea un efecto de barrera para que el conductor evite realizar maniobras y en la aproximación al controlador.

**LG-4** Líneas de barrera centrales, franjas continuas dobles de 0.100 metros de ancho, de color amarillo donde hay flujo opuesto de vehículos y no existe la posibilidad de rebasamiento.

**LG-5a** Líneas de barrera en un solo sentido. Franjas continuas dobles de 0.10 metros de ancho de color blanco, colocadas donde no existe la posibilidad de rebasamiento en flujo en el mismo sentido.

**LG-5b** Líneas de borde de carril. Franjas continuas de 0.10 m de ancho, delimitan los carriles exteriores de la vía antes del espaldón de color blanco o al bordillo de color amarillo.

**LG-5c** Líneas de barrera para chevrón. Franja continua de 0.15 m de ancho que enmarca al delimitadores o chevrones

**LG-7a** Línea de paso peatonal Cebra -1, Franjas segmentadas de 0.40 m de ancho y 0.60 m de separación de una longitud de 4.00 m, colocadas en sitios de cruce peatonal.

**LG-7b** Línea de paso peatonal Cebra - 2 Franjas segmentadas de 0.40 m de ancho y 0.60 m de separación con una longitud de 6 metros. Colocadas en sitios de cruce peatonal de gran demanda. (no utilizada)

#### 12.3.1.3 Delineadores sobre el pavimento (Chevrones)

**CV-2** Demarcadores direccionales, son utilizados en las rampas de acceso y salida de intercambiadores e en las estaciones de peaje. Está constituido por las líneas sólidas que siguen los espaldones de los carriles de aceleración o desaceleración y que dan forma a las "narices" de las intersecciones. Su grosor es de 0.60m y separación de 0.90m, a un ángulo de 45 grados.

**CV-3** Se han utilizado en espacios indefinidos o neutros de gran magnitud, en las "narices" de entrada y salida de intercambiadores. Su grosor es de 2.00 metros y un espaciamiento de 3.00 a 45 grados.

#### 12.3.1.4 Palabras y símbolos

Las palabras y símbolos sobre el pavimento son utilizados con el propósito de guiar, prevenir y regular el tráfico.

#### 12.3.1.5 Flechas

Sirven para ayudar a los conductores a advertir del sentido o la dirección al conductor y seleccionar el carril adecuado para realizar maniobras de giro.

Los detalles para cada grupo de señales se encuentran especificados en el plano de detalle.

### 12.3.2 **Materiales**

Las especificaciones de la pintura serán las indicadas en la sección 826 del manual MOP F-001 2000. Se recomienda la utilización de pinturas acrílicas con perlas de vidrio, debido a su mayor duración y reflectividad, debido la calidad del pavimento permitiría su correcta aplicación.

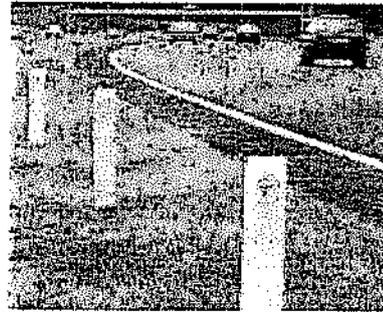
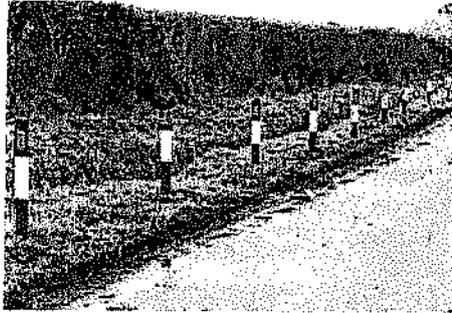
Estas pinturas son generalmente líquidas, donde están íntimamente asociados un componente sólido (pigmento con su respectivo dispersar) y un vehículo líquido, pueden ser aplicadas al frío y consiste en resinas alquílicas, puras o modificadas u otros productos similares.

### 12.4 **MARCAS DE PAVIMENTO SOBRESALIENTES (MPS)**

Las Tachas son elementos que ayudan a la delimitación de los carriles y a un adecuado direccionamiento. Las especificaciones serán las indicadas en la sección 705-3.05 del MOP-F001-2000. Para el caso específico de la vía se utilizarán tachas color blanco para las líneas segmentadas, delineadores de guía, líneas de continuidad conforme a los detalles señalados en los planos.

## 12.5 DELINEADORES DE PELIGRO

El MUTCD se define como dispositivos para guiar a los conductores en condiciones peligrosas y son beneficiosos en localizaciones donde el alineamiento puede ser confuso o inesperado como en reducciones de carriles o curvas de transición. Esto coincide con la especificación MOP-F-001.



Los delineadores son elementos constituidos por un soporte y el material reflectivo de alta intensidad. Los delineadores generalmente son de sección circular o rectangular, y su altura recomendada es de 1.15 m para evitar que sean cubiertos la vegetación. Si se utiliza un tubo o un perfil galvanizado este debe ser cubierto en su tope para evitar el deterioro del soporte. El color escogido para el material reflectivo debe ir conforme al estándar del MUTCD Sección 3B.01 y 3B.04, por ejemplo en una condición de restricción se utilizará el color rojo, mientras que en una condición preventiva se utilizará el amarillo, mientras que para marcar el borde de carril se utilizará el blanco. En condiciones locales deben utilizarse cuando se presenta condiciones climáticas adversas como lluvia o neblina que es el presente caso. Las especificaciones constructivas así como la distancia de colocación deberán ser las señaladas en el MOP-F-001 en la sección 709.

En esta sección se han incluido también a los objetos marcadores, ya que no existe especificación MOP para este tipo de señales verticales que marcan obstrucciones adyacentes a la vía y su codificación en los planos corresponde a DI-1 al DI-5. El color del fondo es negro y el símbolo blanco. Sus dimensiones pueden ser vistas en el plano de detalles y se utilizan para demarcar condiciones de alto riesgo.

## 12.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de señalización es integral, por lo que se consideran todos los puntos de conflicto en el área de influencia del proyecto y debe ser complementado con el proyecto de señalización de las alternativas del aeropuerto.

Una vez que las vías entren en operación, luego del estudio respectivo se deberán proveer cruces peatonales a nivel o desnivel donde se genere demanda. De manera similar se proveerán de cortes en el parterre central para realizar giros en "U", y en todos los accesos habilitados se deberá complementarse la señalización.

## 13. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE ILUMINACIÓN DE INTERCAMBIADORES

### 13.1 ALCANCE

El presente proyecto contempla el siguiente alcance:

- Parámetros de diseño
- Trazado y selección de los circuitos de alumbrado
- Trazado y características de ductos subterráneos
- Sistema de protección para los circuitos de alumbrado
- Sistema de alimentación primaria
- Lista y especificaciones de equipos y materiales
- Cronograma de construcción
- Presupuesto estimativo de construcción

### 13.2 PARAMETROS DE DISEÑO

En general, para este proyecto se han aplicaran las siguientes normas:

- Normas para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- CEI
- ANSI
- IES
- American Standard Practice

De otra parte, de acuerdo a las prácticas recomendadas en otros sistemas similares, se ha seguido la siguiente metodología.

#### 13.2.1 Clasificación del Tipo de Vía

De acuerdo al ancho parcial y total de la calzada, esta vía puede catalogarse como tipo B, M2, según las Normas CEI. Es considerada como de tráfico ligero en referencia al TDPA (tráfico promedio anual futuro proyectado) que se estima en 7.008 vehículos por día, esto es, alrededor de 300 vehículos/hora.

#### 13.2.2 Niveles de Iluminación

Para este tipo de vía, la American Standard Practice establece un nivel de iluminación medio horizontal de 1.2 footcandels, o 12.9 luxes.

El coeficiente de uniformidad, esto es, la relación entre los niveles de iluminación mínimo y máximo será de mínimo 0.30.

#### 13.2.3 Selección de Luminarias

En función de las prácticas vigentes en la Empresa Eléctrica Quito S.A. y de las recomendaciones de algunos fabricantes, se ha seleccionara luminarias cerradas de vapor de sodio de 250 W, principalmente debido a su mejor eficiencia, menor consumo de potencia que las de mercurio, bajo nivel de deslumbramiento, larga vida y precio competitivo. El flujo luminoso normalizado para estas luminarias será de 27.000 lúmenes.

### 13.2.4 Altura de Montaje y Espaciamiento de Luminarias

De acuerdo a prácticas estandarizadas, para alcanzar los niveles de iluminación requeridos la altura de montaje variará entre 8 a 12 m, dependiendo de la separación entre postes, siendo estos dos parámetros dependientes el uno del otro. Considerando que en el medio se han venido utilizando para este tipo de autopistas postes de hormigón de 11 y 12 m, la altura de montaje final dependerá básicamente del poste escogido.

Por tratarse de una vía de alta importancia para la descongestión del tránsito, para reducir al mínimo el nivel de deslumbramiento y obtener una distribución razonablemente uniforme de iluminación sobre la superficie de la vía, se ha preferido proyectar postes de 12.0 m de altura, con una altura de montaje efectiva de 10.0 m, tomando en cuenta que la profundidad de empotramiento será de 1.70 m. En cualquier caso, la relación de la distancia entre postes a la altura del montaje deberá ser lo suficientemente baja (normalmente máximo 4 para el nivel de iluminación seleccionado), para que el rayo de luz de máxima emisión luminosa pueda incidir en la calzada por lo menos a la mitad de la distancia al poste contiguo.

En base de la luminaria escogida, la altura de montaje y el nivel de iluminación para un ancho de vía de 10 m en cada sentido, se ha verificado la distancia máxima entre luminarias mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{F * u}{E * A * d}$$

Donde:

- F** = Flujo emitido por la luminaria escogida, en lúmenes
- u** = Factor de utilización; es función de la relación entre ancho de la calzada a altura del montaje, es decir, 1 en este caso, para el cual el correspondiente valor de u es de 0.29
- E** = Nivel medio de iluminación en luxes
- A** = Ancho de la calzada en metros
- D** = Factor de depreciación; en este caso se ha adoptado un valor medio de 1.5

Aplicando esta expresión al presente caso se tiene una distancia máxima de 43 m, que es consistente con las longitudes de vanos recomendadas por las Normas de la Empresa Eléctrica Quito S.A., adoptándose finalmente una distancia media de 40 m, excepto en las intersecciones en las cuales, por tener el doble del nivel de iluminación escogido para las vías, se tendrá distancias medias de alrededor de 20 m entre luminarias.

### 13.2.5 Disposición

Para alcanzar los niveles de uniformidad requeridos se recomienda adoptar la disposición bilateral opuesta de luminarias. No se recomienda la disposición en el parterre central debido a que éste irá arborizado y la vegetación disminuirá el nivel de iluminación en la calzada. El ángulo vertical de máxima emisión luminosa de la luminaria será de 70°, esto es, el ángulo de inclinación del brazo será de 20°. La longitud del brazo será de 1.50 m.

Los postes se ubicarán a 30 cm del bordillo de la acera, debidamente compactados.

### 13.3 TRAZADO DE CIRCUITOS SECUNDARIOS

Los circuitos secundarios serán monofásicos, radiales, a 240 V, 2 hilos, con conductor de aleación de aluminio No. 2 AWG, que es el recomendado en las Normas de la Empresa Eléctrica Quito S.A. Se ha verificado que con hasta un máximo de 20 luminarias, a partir del centro de transformación, se tendría niveles aceptables de caída de voltaje, hasta un 7% del voltaje nominal, lo cual implicaría que las luminarias podrían trabajar hasta con 220 V en los extremos más alejados. En estas condiciones, la longitud máxima de los circuitos secundarios sería de 800 m a partir del centro de transformación. El método utilizado para el cálculo de la caída de tensión en los circuitos es el de momento eléctrico, empleado en las Normas de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Adicionalmente, para no elevar el número de transformadores se ha proyectado localizarlos de manera equidistante entre circuitos, de modo que la caída de tensión sea semejante a cada lado, y alimentar del mismo transformador los circuitos localizados en la vía opuesta, con lo cual el número total de circuitos a partir de cada centro de transformación será en total de 4,2 en cada una de las vías, según se muestra en los planos del proyecto.

Ya que cada centro de transformación alimentará 60 luminarias, su capacidad será de 25 kVA. Cabe mencionar que para atravesar de una o otra vía se utilizará cables aislados No. 4, aislamiento tipo THW, alojados en ductos de PVC rígido de 2" de diámetro, que se dirigirá desde los postes de los centros de transformación hacia el costado opuesto, en la acera de la otra vía, a una profundidad de 1.2 m y en una longitud total de 25 m.

### 13.4 CONTROL Y PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO

El control de cada circuito se hará en forma independiente para cada circuito mediante el sistema de hilo piloto, para lo cual cada circuito dispondrá de una fotocélula más contactor e interruptor termomagnético de 30A alojados en un tablero a prueba de intemperie localizado en el mismo poste de cada centro de transformación. El hilo piloto también será aéreo, con conductor de aleación de aluminio No. 4 AWG.

### 13.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS DE EQUIPOS DE ALUMBRADO

#### 13.5.1 Luminarias

Las luminarias serán de vapor de sodio, 250 W, 240 V, para montaje en poste con abrazaderas, tipo intemperie, carcasa de aluminio inyectado, reflector de lámina de aluminio y anodizado químico, refractor de vidrio templado, balasto con factor de potencia corregido, Norma IEC 598.

#### 13.5.2 Estructuras de Soporte

Estarán constituidas por postes de hormigón centrifugado de 12 m de altura y 350 kg de esfuerzo de rotura horizontal, y de 500 kg tratándose estructuras terminales y con ángulos superiores a 20°. Los tipos de estructuras serán tipo A1 y A3 para estructuras compartidas con la red primaria y para estructuras sólo de alumbrado, respectivamente.

#### 13.5.3 Conductores

Como ya se mencionó anteriormente, los conductores aéreos de los circuitos secundarios serán de aleación de aluminio; en el cruce de las vías serán aislados, tipo THW, y desde la red aérea hasta las luminarias tipo THW No. 14.

### **13.6 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRIMARIA**

Consistirá en la alimentación primaria a los transformadores proyectados. En algunos sectores asociados a las vías en cuestión existen actualmente redes primarias a 22.8/13.2 kV, con neutro corrido múltiplemente aterrado, de las cuales se derivarán las correspondientes alimentaciones monofásicas a todos los transformadores. Esta disposición se realizará con estructuras típicas para redes de distribución normalizadas por el Empresa Eléctrica Quito S.A., en longitudes no mayores a 500 m. En otros sectores donde existan redes primarias a distancias superiores a 500 m, la alimentación para los centros de transformación se tomará a partir del poste más cercano hasta uno de los postes de la red de alumbrado proyectado y de aquí irá instalada en los mismos soportes de la red de alumbrado de la vía, disposición tipo A1 según las normas indicadas.

#### **13.6.1 Estructuras de Soporte**

Los postes serán de hormigón, de 12.0 m de altura y 350 kg de esfuerzo de rotura horizontal. Para estructuras con ángulos superiores a 20° se recomienda utilizar postes con un esfuerzo de rotura de 500 kg.

#### **13.6.2 Aisladores**

Serán clase ANSI 56-1 los de estructuras tipo tangente; clase 52-1 los de estructuras de retención; clase 54-3 para tensores, y 53-2 para aisladores tipo rollo de los circuitos de iluminación.

#### **13.6.3 Conductores**

Serán de aleación de aluminio tanto para la alimentación primaria como para los circuitos de iluminación. Las bajantes de los transformadores a las capacetas serán con cable de cobre aislamiento TTU y los cables subterráneos de los circuitos de alumbrado serán con conductor de cobre y aislamiento THW.

#### **13.6.4 Transformadores**

Serán monofásicos, tipo intemperie, montaje en poste a 3.000 msnm, de 24 kVA, un sólo bushing, tipo convencional.

#### **13.6.5 Protección y Seccionamiento**

En el punto de derivación de cada alimentador primario se instalará un seccionador tipo abierto con fusible de 6 A. En el primario de cada centro de transformación deberá instalarse otro seccionador del mismo tipo, pero con fusible de 5 A. En el mismo lado del transformador se deberá instalar un pararrayos tipo distribución de tensión nominal 18 kV.

En el secundario de cada centro de transformación deberán instalarse 2 fusibles tipo NH de 80 A, con sus correspondientes bases, todos en una capaceta bifásica.

#### **13.6.6 Tensores y Anclajes**

En general deberán anclarse las estructuras terminales de fin de línea y las que tengan un ángulo superior a 20°, preferiblemente con tensores a tierra, tipo G1-1, varilla de 16 mm de diámetro y 2.4 m de longitud, y anclajes tipo GA1-1, resistencia de 4.250 kg. Donde no se tenga suficiente disponibilidad de espacio para este tipo de tensor, se instalará el tipo farol, G3-1, varilla de 16 mm

de diámetro y 1.8 m de longitud y anclajes tipo GA2-1, resistencia de 4.250 kg. En todos los casos el cable tensor tendrá un diámetro de 9 mm.

En casos donde se tenga cortes cerrados, se permitirá el anclaje al talud contiguo a la estructura, de acuerdo a lo que recomiende el Departamento de Alumbrado de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

#### **13.6.7 Conexiones a Tierra**

El neutro de los alimentadores primarios deberá conectarse a tierra aproximadamente cada 300 m, mediante cable desnudo de cobre No. 2 AWG y varilla copperweid de 1.8 m de longitud.

En cada centro de transformación habrá 2 conexiones: la una correspondiente al pararrayos y la otra correspondiente al transformador propiamente dicho; a esta última se conectarán el neutro del transformador y el neutro del sistema, con los mismos elementos mencionados anteriormente.

**14. CATASTRO DE EXPROPIACIONES**

Ver Informe Fase 2: **E: Estudio de Impactos Ambientales**

## 15. DISEÑO PRE-PRELIMINAR DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

### 15.1 INTRODUCCION

El diseño del movimiento de tierras tiene por objeto determinar el volumen y el balance de los materiales que será necesario remover y que intervienen en la ejecución de las obras de terracería así como también la caracterización de los materiales, tanto por su naturaleza como por su comportamiento desde el punto de vista constructivo.

Para la clasificación del movimiento de tierras, se tomó en consideración las recomendaciones dadas por el estudio geológico.

### 15.2 PROCEDIMIENTO SEGUIDO

Para el cálculo de volúmenes se utilizó la restitución aerofotogramétrica a escala 1:5.000, las secciones transversales típicas de la vía, estos valores fueron procesados en computadora, mediante la utilización de programas computarizados, que realiza los cálculos de volúmenes y que a su vez permite obtener el histado de las laterales.

En el cálculo de volúmenes el programa utiliza la expresión:

$$V = \frac{D}{2} (A_1 + A_2)$$

Donde:

V	=	Volumen en corte o relleno en metros cúbicos
D	=	Distancia entre las secciones transversales en metros
A <sub>1</sub>	=	Área de la sección transversal primera, en corte o en relleno en metros cuadrados
A <sub>2</sub>	=	Área de la sección transversal segunda, en corte o en relleno en metros cuadrados

Los volúmenes de relleno fueron afectados por un coeficiente de esponjamiento de valor 1,20.

Los parámetros utilizados para el cálculo son:

- Sección transversal
- Perfiles transversales del terreno obtenidos de la restitución aerofotogramétrica
- Proyecto horizontal
- Proyecto vertical
- Sobreancho en curvas
- Peraltes de acuerdo a lo requerido por el radio de las curvas
- Giros del peralte en el eje
- Factor de expansión del material: 20%
- Talud de corte variable
- Talud de relleno 1,5 H:1,0 V
- Pre-preliminarmente se elaboró la distribución de volúmenes mediante una compensación de la curva de masas, con lo que se obtuvo la distribución y destino de los materiales excavados, tanto a lo largo de la obra estudiada, como en las áreas seleccionadas para la formación de las zonas de préstamo

Se analizaron las distancias medias de transporte en función del equipo que se utilizaría en la construcción, considerando lo siguiente:

- Excavación en suelo: Es aquella operación de excavación y desalojo que se realiza en los sectores de cortes y cuyos materiales pueden ser removidos sin recurrir a desarraigadores, escarificadores o explosivos.
- Excavación en marginal: Comprende los materiales formados por rocas descompuestas, suelos muy compactados y todos aquellos que, para su excavación, no sea necesario el empleo de explosivos y se precise la utilización de maquinaria mayor a 320 HP al volante con sus respectivos escarificadores.
- Excavación en roca: Es aquella remoción y desalojo de todo material peñascoso de origen ígneo, metamórfico o sedimentario, en forma estratificada o maciza, cuya rotura es necesario realizarla mediante el uso de explosivos.

### **15.3 DISEÑO PRE-PRELIMINAR MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Tratándose de un estudio pre-preliminar avanzado, los datos obtenidos del cálculo del movimiento de tierras fueron calculados cada 50 metros de longitud, los mismos que para el análisis fueron agrupados por cada kilómetro. Se elaboro un cuadro donde se presenta en forma resumida el resultado del cálculo de volúmenes, en el que consta la abscisa, el corte, el relleno x 1,20, el volumen de depósito, el sitio del depósito, la distancia media de transporte y el transporte.

De esta manera se ha conseguido la distribución y destino de los materiales excavados a lo largo de las obras estudiadas.

La ubicación de las zonas de deposito se han realizado tomando en cuenta el entorno ambiental, localizándose generalmente en los nacimientos de las quebradas que no tienen agua permanente, en caso de llevar agua, en el análisis del drenaje se han diseñado obras de desalojo como canales abiertos o colectores.

La construcción de estos rellenos en las zonas de deposito, se realizaran tomando en cuenta las especificaciones del MOP, como una recomendación se propone que a lo largo de la quebrada a rellenar a cada cierta distancia (300-500 metros) se construya un relleno compactado al 95% de su máxima densidad de un ancho en su corona de 20 metros, en el espacio que queda entre estos dos rellenos compactados se colocara el material adicional de bote, el mismo que tendrá una compactación del 60% de su máxima densidad o el equivalente a la compactación por el caminamiento de los tractores y demás equipos mecánicos..

En los Cuadros C-15.1, C-15.2 y C-15.3 se presenta un resumen de este análisis.

Cuadro C-15.1

MOVIMIENTO DE TIERRAS (CORTE Y RELLENO)  
ALTERNATIVA SUR  
Km 0+000 – Km 16+382,64

Abscisa	Corte m <sup>3</sup>	Relleno X 1.20 m <sup>3</sup>	Volumen de Depósito m <sup>3</sup>	Sitio de Depósito	DMT km	Transporte m <sup>3</sup> -km
0+000 - 1+000	326,694.21	19,887.21	306,807.00	Qda. 3+000	2.50	767,017.51
1+000 - 2+000	700,512.91	30,042.93	670,469.98	Qda. 3+000	1.50	1,005,704.96
2+000 - 3+000	367,281.48	199,194.30	168,087.18	3+000-4+000	1.00	168,087.18
3+000 - 4+000	2,950.64	656,932.44	-653,981.79		-	-
4+000 - 5+000	594,796.77	0.00	594,796.77	3+000-4+000	1.00	594,796.77
5+000 - 6+000	321,752.42	69,579.53	252,172.89	Qda.3+000	2.75	693,475.45
6+000 - 7+000	143,679.10	9,562.87	134,116.23	Qda. 5+850	0.65	87,175.55
7+000 - 8+000	113,608.05	36,414.46	77,193.60	9+000-10+000	2.00	154,387.19
8+000 - 9+000	147,203.75	3,626.53	143,577.22	9+000-10+000	1.00	143,577.22
9+000 - 10+000	68,552.40	301,158.94	-232,606.54		-	-
10+000 - 11+000	445,590.93	19,600.43	425,990.51	Qda. 9+500	1.00	425,990.51
11+000 - 12+000	154,051.70	292.70	153,759.00	Qda. 9+500	2.00	307,518.01
12+000 - 13+000	201,814.55	27,775.41	174,039.14	Qda. 12+500	-	-
13+000 - 14+000	53,467.60	141,723.41	-88,255.81	Qda. 12+500	-	-
14+000 - 15+000	278,696.70	60,709.81	88,255.81	13+000-14+000	1.00	88,255.81
			129,731.08	Qda. 12+500	2.00	259,462.16
15+000 - 16+000	250,631.82	10,346.37	240,285.45	Qda. 12+500	3.00	720,856.36
16+000 16+382	10,121.86	5,143.29	4,978.58	Qda. 12+500	3.69	18,375.92
<b>TOTAL</b>	<b>4,181,406.88</b>	<b>1,591,990.58</b>	<b>2,589,416.30</b>			<b>5,434,680.60</b>

Cuadro C-15.2

MOVIMIENTO DE TIERRAS (CORTE Y RELLENO)  
ALTERNATIVA ZÁMBIZA  
Km 0+000 - Km 13+534,027

Abscisa	Corte m <sup>3</sup>	Relleno X 1.20 m <sup>3</sup>	Volumen de Depósito m <sup>3</sup>	Sitio de Depósito.	DMT km	Transporte m <sup>3</sup> -km
0+000 - 1+000	308,721.53	873.07	307,848.46	2+500-3+500	2.50	769,621.15
1+000 - 2+000	406,182.94	0.00	406,182.94	2+500-3+500	1.50	609,274.41
2+000 - 3+000	1,071,283.37	45,604.40	1,025,678.96	2+500-3+500	0.50	512,839.48
3+000 - 4+000	1,522,959.63	160,366.42	1,362,593.21	2+500-3+500	0.50	681,296.60
4+000 - 5+000	1,077,850.24	303,126.30	774,723.94	2+500-3+500	1.50	1,162,085.91
5+000 - 6+000	1,794,406.23	1,590.20	1,792,816.03	2+500-3+500	2.50	4,482,040.08
6+000 - 7+000	1,728,914.97	1,001.22	1,727,913.75	2+500-3+500	3.50	6,047,698.12
7+000 - 8+000	2,087,246.02	22,989.10	2,064,256.91	7+500-8+500	0.50	1,032,128.46
8+000 - 9+000	781,974.77	116,708.78	665,265.99	7+500-8+500	0.50	332,633.00
9+000 - 10+000	109,414.94	2,453.57	106,961.37	7+500-8+500	1.50	160,442.06
10+000 - 11+000	67,911.18	360,350.04	-292,438.86	10+800	0.30	
11+000 - 12+000	543,370.18	18,219.28	232,712.04	10+800	0.70	162,898.43
12+000 - 13+000	190,887.30	21,645.40	169,241.90	10+800	1.70	287,711.23
13+000 - 13+534	189,731.27	86,152.00	103,579.27	10+800	2.00	207,158.54
<b>TOTAL</b>	<b>11,880,854.57</b>	<b>1,141,079.79</b>	<b>10,447,335.92</b>			<b>16,447,827.47</b>

Cuadro C-15.3

MOVIMIENTO DE TIERRAS (CORTE Y RELLENO)  
ALTERNATIVA NORTE

Abscisa	Corte m3	Relleno X 1.20 m3	Volumen de Depósito m3	Sitio de Depósito	DMT km	Transporte m3-km
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO COTO - ENLACE ALPACHACA KM 0+000 KM 13+646.42)</b>						
0+000 - 1+000	247,446.55	6,803.03	240,643.52	Qda. 1+200	0.80	192,514.81
1+000 - 2+000	765,354.74	20,620.16	744,734.57	Qda. 1+200	0.50	372,367.29
2+000 - 3+000	394,460.35	76,758.75	317,701.60	Qda. 1+200	1.50	476,552.40
3+000 - 4+000	1,078,101.36	4,522.97	1,073,578.39	Qda. 1+200	2.70	2,898,661.66
4+000 - 5+000	143,318.82	96,695.21	46,623.61	Qda. 4+350	0.50	23,311.80
5+500 - 6+000	233,860.62	338.41	233,522.21	km 6+000	0.70	163,465.55
6+000 - 7+000	1,717,413.97	3,069.18	1,714,344.79	km 6+000	0.80	1,371,475.83
7+000 - 8+000	884,657.98	5,066.94	879,591.04	km 6+000	2.00	1,759,182.08
7+000 - 8+000	155,256.84	-	155,256.84	km 12+500	5.00	776,284.20
7+000 - 8+000	5,743.16	-	5,743.16	km13+550	5.05	29,002.96
8+000 - 9+000	56,734.10	11,275.46	45,458.64	km 9+500	1.00	45,458.64
9+000 - 10+000	3,699.24	48,706.95	-45,007.71	-	-	-
10+000 - 11+000	38,614.16	1,528.72	37,085.44	km 12+500	2.00	74,170.88
11+000 - 12+000	39,072.62	9,824.95	29,247.67	km 12+500	1.00	29,247.67
12+000 - 13+000	100,528.29	327,115.56	-226,587.27	-	-	-
13+000 - 13+646	23,671.88	29,415.03	-5,743.16	-	-	-
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>5,887,934.65</b>	<b>641,741.32</b>	<b>5,246,193.34</b>			<b>8,211,695.77</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE GUAYLLABAMBA KM 0+000 - KM 3+032.823)</b>						
0+000 - 1+000	43,030.52	31,848.18	11,182.34	km 1+900	1.40	15,655.28
1+000 - 2+000	166,199.82	22,089.62	144,110.20	km 2+800	1.40	201,754.28
2+000 - 3+032	256,686.19	300.40	256,385.79	km 2+800	0.50	128,192.89
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>465,916.53</b>	<b>54,238.20</b>	<b>411,678.33</b>			<b>345,602.45</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE ( ENLACE EL QUINCHE KM 0+000 - KM 1+110.684)</b>						
0+000 - 1+110	133,069.39	70,532.44	62,536.95	km 2+800	1.00	62,536.95
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>133,069.39</b>	<b>70,532.44</b>	<b>62,536.95</b>			<b>62,536.95</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE YARUQUI KM 0+000 - KM 2+410.128)</b>						
0+000 - 1+000	77,238.33	2,723.09	74,515.25	km 1+100	0.90	67,063.72
1+000 - 2+000	272,697.91	97,187.07	175,510.84	km 1+100	0.90	157,959.75
2+000 - 2+410	2,850.26	29,696.92	-26,846.66	-	-	-
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>352,786.50</b>	<b>129,607.08</b>	<b>223,179.42</b>			<b>225,023.48</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,839,707.07</b>	<b>896,119.03</b>	<b>5,943,588.04</b>			<b>8,844,858.65</b>
<b>AMPLIACION PANAMERICANA NORTE KM 1+357.57 - KM 9+259.47</b>						
1+357 - 2+000	139.60	9,035.84	-8,896.24			-
2+000 - 3+000	579.66	20,405.67	-19,826.01			-
3+000 - 4+000	1,701.86	23,062.86	-21,361.00			-
4+000 - 5+000	6,443.72	17,728.46	-11,284.74			-
5+000 - 6+000	19,011.52	13,573.00	5,438.52		1.00	5,438.52
6+000 - 7+000	76,825.78	13,566.77	63,259.01	km 1+357 km 5+000	3.32	210,019.91
7+000 - 8+000		25,999.19	11,732.01	km 7+350	0.15	1,759.80
8+000 - 9+000	12,508.63	5,190.72	7,317.91	km 7+350	1.15	8,415.60
9+000 - 9+259	892.68	1,794.72	-902.04			
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>155,834.65</b>	<b>130,357.23</b>	<b>25,477.42</b>			<b>225,633.83</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,995,541.72</b>	<b>1,026,476.26</b>	<b>5,969,065.46</b>			<b>9,070,492.48</b>

**16. IMPACTOS AMBIENTALES**

Ver Informe Fase 2: **E: Estudio de Impactos Ambientales**

## 17. CANTIDADES DE OBRA

### 17.1 INTRODUCCION

El análisis de este capítulo se relaciona con el cálculo y obtención de las cantidades de obra de todos los rubros que se han utilizado directamente con el estudio pre-preliminar de este proyecto.

En todos los cálculos se tomo como datos los parámetros y las recomendaciones dadas por las diferentes áreas de estudio y por los especialistas de diseño geométrico, hidrología e hidráulica, estructuras, diseño de pavimentos, estabilización de taludes, señalización y medio ambiente.

Se ha seguido los lineamientos que se encuentran establecidos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F – 2002, que tiene vigentes el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

En este estudio de ingeniería pre-preliminar, se han estudiado las siguientes alternativas:

- Alternativa Sur
- Alternativa Zámbriza
- Alternativa Norte
- Ampliación de la vía panamericana Norte

Las cantidades de obra se han obtenido para cada alternativa, por kilómetro y total, siendo aceptables de acuerdo con el nivel de estudio realizado.

En los cuadros de resumen de cantidades de obra, se han agrupado los rubros bajo las siguientes áreas de trabajo:

1. Operaciones Preliminares
2. Excavación y relleno
3. Calzada
4. Drenaje (obras de arte menor).
5. Puentes (obras de arte mayor)
6. Intersecciones
7. Intercambiadores
8. Estabilidad de taludes
9. Señalización.
10. Obras complementarias.
11. Impactos Ambientales.

Para tener un conocimiento más claro de cómo se obtuvo las cantidades de obra, se demuestra a continuación un resumen de los rubros más representativos:

#### 17.1.1 Excavación y Relleno

- 302-2(2) Excavación en suelo (m<sup>3</sup>)
- 302-2(3) Excavación en roca (m<sup>3</sup>)
- 302-2(4) Excavación en marginal (m<sup>3</sup>)
- 308-4(1) Limpieza de derrumbes (incluye transporte) (m<sup>3</sup>)

Los tres primeros rubros están relacionados con el movimiento de tierras que será necesario remover para la ejecución de las obras de la obra básica.

Para obtener cantidades de limpieza de derrumbes a lo largo de la vía y en los sitios de inestabilidad de taludes, con buen criterio se ha estimado que el mismo debe ser el equivalente a un porcentaje del 10% del material excavado. Esta limpieza incluye su transporte.

En los Cuadros C-17.1, C-17.2 y C-17.3 se presenta el resultado del cálculo de volúmenes por kilómetro, en el que consta la abscisa, el volumen de corte de acuerdo al tipo de suelo, el relleno y la limpieza de derrumbes.

**Cuadro C-17.1**

**EXCAVACION EN SUELO, MARGINAL Y ROCA  
ALTERNATIVA SUR  
Km 0+000 – Km 16+382**

Abscisa	Corte Total m <sup>3</sup>	Excavación en Suelo (70%) m <sup>3</sup>	Excavación en Marginal (30%) m <sup>3</sup>	Excavación en Roca m <sup>3</sup>	Limpieza de Derrumbes (10%) m <sup>3</sup>
0+000 - 1+000	326,694.21	228,685.95	98,008.26	0.00	32,669.42
1+000 - 2+000	700,512.91	490,359.03	210,153.87	0.00	70,051.29
2+000 - 3+000	367,281.48	257,097.03	110,184.44	0.00	36,728.15
3+000 - 4+000	2,950.64	2,065.45	885.19	0.00	295.06
4+000 - 5+000	594,796.77	416,357.74	178,439.03	0.00	59,479.68
5+000 - 6+000	321,752.42	225,226.69	96,525.73	0.00	32,175.24
6+000 - 7+000	143,679.10	100,575.37	43,103.73	0.00	14,367.91
7+000 - 8+000	113,608.05	79,525.64	34,082.42	0.00	11,360.81
8+000 - 9+000	147,203.75	103,042.63	44,161.13	0.00	14,720.38
9+000 - 10+000	68,552.40	47,986.68	20,565.72	0.00	6,855.24
10+000 - 11+000	445,590.93	311,913.65	133,677.28	0.00	44,559.09
11+000 - 12+000	154,051.70	107,836.19	46,215.51	0.00	15,405.17
12+000 - 13+000	201,814.55	141,270.18	60,544.36	0.00	20,181.45
13+000 - 14+000	53,467.60	37,427.32	16,040.28	0.00	5,346.76
14+000 - 15+000	278,696.70	195,087.69	83,609.01	0.00	27,869.67
15+000 - 16+000	250,631.82	175,442.27	75,189.55	0.00	25,063.18
16+000 - 16+382	10,121.86	7,085.30	3,036.56	0.00	1,012.19
<b>TOTAL</b>	<b>4,181,406.88</b>	<b>2,926,984.82</b>	<b>1,254,422.06</b>	<b>0.00</b>	<b>418,140.69</b>

Cuadro C-17.2

EXCAVACION EN SUELO, MARGINAL Y ROCA  
ALTERNATIVA ZÁMBIZA  
Km 0+000 - Km 13+534.027

Abscisa	Corte Total m <sup>3</sup>	Excavación en Suelo (60%) m <sup>3</sup>	Excavación en Marginal (40%) m <sup>3</sup>	Excavación en Roca m <sup>3</sup>	Limpieza de Derrumbes (10%) m <sup>3</sup>
0+000 - 1+000	308,721.53	185,232.92	123,488.61	0.00	30,872.15
1+000 - 2+000	406,182.94	243,709.76	162,473.18	0.00	40,618.29
2+000 - 3+000	1,071,283.37	642,770.02	428,513.35	0.00	107,128.34
3+000 - 4+000	1,522,959.63	913,775.78	609,183.85	0.00	152,295.96
4+000 - 5+000	1,077,850.24	646,710.15	431,140.10	0.00	107,785.02
5+000 - 6+000	1,794,406.23	1,076,643.74	717,762.49	0.00	179,440.62
6+000 - 7+000	1,728,914.97	1,037,348.98	691,565.99	0.00	172,891.50
7+000 - 8+000	2,087,246.02	1,252,347.61	834,898.41	0.00	208,724.60
8+000 - 9+000	781,974.77	469,184.86	312,789.91	0.00	78,197.48
9+000 - 10+000	109,414.94	65,648.96	43,765.97	0.00	10,941.49
10+000 - 11+000	67,911.18	40,746.71	27,164.47	0.00	6,791.12
11+000 - 12+000	543,370.18	326,022.11	217,348.07	0.00	54,337.02
12+000 - 13+000	190,887.30	114,532.38	76,354.92	0.00	19,088.73
13+000 - 13+534	189,731.27	113,838.76	75,892.51	0.00	18,973.13
<b>TOTAL</b>	<b>11,880,854.57</b>	<b>7,128,512.74</b>	<b>4,752,341.83</b>		<b>1,188,085.46</b>

Cuadro C-17.3

MOVIMIENTO DE TIERRAS (CORTE Y RELLENO)  
ALTERNATIVA NORTE

Abscisa	Corte Total m3	Excavación en Suelo (80%) m3	Excavación en Suelo (20%) m3	Excavación en Marginal (20%) m3	Excavación en Marginal (10%) m4	Excavación en Roca (70%) m3	Limpieza de Derrumbes (10%) m3
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO COTO - ENLACE ALPACHACA KM 0+000 KM 13+646.42)</b>							
0+000 - 1+000	247,446.55	197,957.24		49,489.31			24,744.65
1+000 - 2+000	765,354.74	612,283.79		153,070.95			76,535.47
2+000 - 3+000	394,460.35	315,568.28		78,892.07			39,446.04
3+000 - 4+000	1,078,101.36	862,481.09		215,620.27			107,810.14
4+000 - 5+000	143,318.82	114,655.05		28,663.76			14,331.88
5+000 - 6+000	233,860.62	-	46,772.12	-	23,386.06	163,702.43	23,386.06
6+000 - 7+000	1,717,413.97	1,373,931.17		343,482.79			171,741.40
7+000 - 8+000	1,045,657.98	836,526.38		209,131.60			104,565.80
8+000 - 9+000	56,734.10	45,387.28		11,346.82			5,673.41
9+000 - 10+000	3,699.24	2,959.39		739.85			369.92
10+000 - 11+000	38,614.16	30,891.32		7,722.83			3,861.42
11+00 - 12+000	39,072.62	31,258.10		7,814.52			3,907.26
12+00 - 13+000	100,528.29	80,422.63		20,105.66			10,052.83
13+000 - 13+646	23,671.88	18,937.50		4,734.38			2,367.19
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>5,887,934.65</b>	<b>4,523,259.23</b>	<b>46,772.12</b>	<b>1,130,814.81</b>	<b>23,386.06</b>	<b>163,702.43</b>	<b>588,793.47</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE GUAYLLABAMBA KM 0+000 - KM 3+032.823)</b>							
0+000 - 1+000	43,030.52	34,424.42		8,606.10			4,303.05
1+000 - 2+000	166,199.82	132,959.86		33,239.96			16,619.98
2+000 - 3+032	256,686.19	205,348.95		51,337.24			25,668.62
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>465,916.53</b>	<b>372,733.23</b>	<b>-</b>	<b>93,183.31</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>46,591.65</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE ( ENLACE EL QUINCHE KM 0+000 - KM 1+110.684)</b>							
0+000 - 1+110	133,069.39	106,455.51		26,613.88			13,306.94
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>133,069.39</b>	<b>106,455.51</b>	<b>-</b>	<b>26,613.88</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13,306.94</b>
<b>ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE YARUQUÍ KM 0+000 - KM 2+410.128)</b>							
0+000 - 1+000	77,238.33	61,790.67		15,447.67			7,723.83
1+000 - 2+000	272,697.91	218,158.33		54,539.58			27,269.79
2+000 - 2+410	2,850.26	2,280.20		570.05			285.03
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>352,786.50</b>	<b>282,229.20</b>	<b>-</b>	<b>70,557.30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>35,278.65</b>
<b>AMPLIACION PANAMERICANA NORTE KM 1+357.57 - KM 9+259.47</b>							
1+357 - 2+000	139.60	111.68		27.92			13.96
2+000 - 3+000	579.66	463.73		115.93			57.97
3+000 - 4+000	1,701.86	1,361.49		340.37			170.19
4+000 - 5+000	6,443.72	5,154.98		1,288.74			644.37
5+000 - 6+000	19,011.52	15,209.22		3,802.30			1,901.15
6+000 - 7+000	76,825.78	61,460.62		15,365.16			7,682.58
7+000 - 8+000	37,731.20	30,184.96		7,546.24			3,773.12
8+000 - 9+000	12,508.63	10,006.90		2,501.73			1,250.86
9+000 - 9+259	892.68	714.14		178.54			89.27
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>155,834.65</b>	<b>124,667.72</b>	<b>-</b>	<b>31,166.93</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15,583.47</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,995,541.72</b>	<b>5,409,344.88</b>	<b>46,772.12</b>	<b>1,352,336.22</b>	<b>23,386.06</b>	<b>163,702.43</b>	<b>699,554.17</b>

**17.1.2 Calzada**

- 402-2(1) Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado (m<sup>3</sup>)
- 403-1 Sub-base clase 3 (m<sup>3</sup>)
- 404-1 Base Asfáltica (m<sup>3</sup>)
- 405-1(1) Asfalto emulsionado CSS-1 para imprimación (1.5lt/m<sup>2</sup>)

Sobre la superficie terminada de la sub-base se esparcirá asfalto para imprimación grado RC-250 en una proporción de 1.5 litros por cada metro cuadrado.

- 405-1(2) Arena para secado

Para que no se paralice el tráfico por no tener caminos de desvío, cuando el asfalto no ha sido absorbido completamente en 24 horas se colocara una capa delgada de arena sobre el riego de imprimación para también proteger la penetración.

- 405-2(1) Asfalto emulsionado para riego de adherencia (0.45lt/m<sup>2</sup>)

La cantidad de asfalto será de 0.45 litros por cada metro cuadrado.

- 405-5(1) Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (m<sup>2</sup>)

Para una mayor facilidad de cálculo y presentación de cantidades de este rubro, se ha utilizado la unidad m<sup>2</sup> indicándose su espesor.

En los Cuadros C-17.4, C-17.5 y C-17.6 se muestran las cantidades de obra de estos rubros.

Cuadro C-17.4

MATERIAL DE MEJORAMIENTO, SUB-BASE, BASE ASFALTICA,  
CARPETA ASFALTICA  
ALTERNATIVA SUR  
Km 0+000 - Km 16+382

Abscisa	Longitud (m)	Mejoramiento e = 40 cm m <sup>3</sup>	Sub-base e = 40 cm m <sup>3</sup>	Base Asfáltica e = 12.50 cm m <sup>3</sup>	Carpeta Asfáltica e = 7.50 cm m <sup>2</sup>	Capa de Liga 0.45 lt/m <sup>2</sup> lt	Capa de Imprimación 1.50 lt/m <sup>2</sup> lt	Arena m <sup>3</sup>
0+000 - 1+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
1+000 - 2+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
2+000 - 3+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
3+000 - 4+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
4+000 - 5+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
5+000 - 6+000	800.00		6,310.40	2,335.20	18,400.00	8,280.00	25,920.00	27.60
6+000 - 7+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
7+000 - 8+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
8+000 - 9+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
9+000 - 10+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
10+000-11+000	1,000.00		7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
11+000-12+000	980.00		7,730.24	2,860.62	22,540.00	10,143.00	31,752.00	33.81
12+000-13+000	750.00	8,070.75	5,916.00	2,139.25	17,250.00	7,762.50	24,300.00	25.88
13+000-14+000	1,000.00	10,761.00	7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
14+000-15+000	1,000.00	10,761.00	7,888.00	2,919.00	23,000.00	10,350.00	32,400.00	34.50
15+000-16+000	840.00	9,039.24	6,625.92	2,451.96	19,320.00	8,694.00	27,216.00	28.98
16+000-16+382	382	4,110.70	3,013.22	1,115.06	8,786.00	3,953.70	12,376.80	13.18
<b>TOTAL</b>		<b>42,742.69</b>	<b>124,251.78</b>	<b>45,980.09</b>	<b>362,296.00</b>	<b>163,033.2</b>	<b>510,364.80</b>	<b>543.44</b>

Cuadro C-17.5

MATERIAL DE SUB-BASE, BASE ASFALTICA, CARPETA ASFALTICA  
ALTERNATIVA ZÁMBIZA  
KM 0+000 - KM 13+534.027

Abscisa	Longitud (m)	Sub-base e = 30 cm m3	Base Asfáltica e = 12.50 cm m3	Carpeta Asfáltica e = 7.50 cm m2	Capa de Lija 0.45 lt/m2 lt	Capa de Imprimación 1.50 lt/m2 lt	Arena m3
0+000 - 1+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
1+000 - 2+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
2+000 - 3+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
3+000 - 4+000	980.00	9,204.16	3,473.12	20,188.00	9,084.60	31,752.00	30.28
4+000 - 5+000	620.00	5,823.04	2,197.28	12,772.00	5,747.40	20,088.00	19.16
5+000 - 6+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
6+000 - 7+000	600.00	5,635.20	2,126.40	12,360.00	5,562.00	19,440.00	18.54
7+000 - 8+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
8+000 - 9+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
9+000 - 10+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
10+000 - 11+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
11+000 - 12+000	1,000.00	9,392.00	3,544.00	20,600.00	9,270.00	32,400.00	30.90
12+000 - 13+000	510.00	4,789.92	1,807.44	10,506.00	4,727.70	16,524.00	15.76
13+000 - 13+534	534.03	5,015.58	1,892.59	11,000.96	4,950.43	17,302.47	16.50
<b>TOTAL</b>		<b>114,995.90</b>	<b>43,392.83</b>	<b>252,226.96</b>	<b>113,502.13</b>	<b>396,706.47</b>	<b>378.34</b>

Cuadro C-17.6

MATERIAL DE SUB-BASE, BASE ASFALTICA, CARPETA ASFALTICA  
ALTERNATIVA NORTE

Abscisa	Longitud (m)	Sub-base e = 40 cm m <sup>3</sup>	Sub-base e = 25 cm m <sup>3</sup>	Base Granular e = 15 cm m <sup>3</sup>	Base Asfáltica e = 12.50 cm m <sup>3</sup>	Carpeta Asfáltica e = 7.50 cm m <sup>2</sup>	Capa de Liga 0.45 lt/m <sup>2</sup> lt	Capa de Imprimac. 1.50 lt/m <sup>2</sup> lt	Arena m <sup>3</sup>
ALTERNATIVA NORTE (TRAMO COTO - ENLACE ALPACHACA KM 0+000 - KM 13+646.42)									
0+000 - 1+000	700.00	3,138.80			1,092.70	8,610.00	3,874.50	22,680.00	12.92
1+000 - 2+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
2+000 - 3+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
3+000 - 4+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
4+000 - 5+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
5+000 - 6+000	900.00	4,035.60			1,404.90	11,070.00	4,981.50	29,160.00	16.61
6+000 - 7+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
7+000 - 8+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
8+000 - 9+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
9+000 - 10+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
10+000 - 11+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
11+000 - 12+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
12+000 - 13+000	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
13+000 - 13+646	1,000.00	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
SUB-TOTAL		60,982.40			21,229.60	167,280.00	75,276.00	440,640.00	250.92
ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE GUAYLLABAMBA KM 0+000 - KM 3+032.823)									
0+000 - 1+000	1000	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
1+000 - 2+000	1000	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
2+000 - 3+032	1032	4,627.49			1,610.95	12,693.60	5,712.12	33,436.80	19.04
SUB-TOTAL		13,595.49			4,732.95	37,293.60	16,782.12	98,236.80	55.94
ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE EL QUINCHE KM 0+000 - KM 1+110.684)									
0+000 - 1+000	1000	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
1+000 - 1+110	110	493.24			171.71	1,353.00	608.85	3,564.00	2.03
SUB-TOTAL		4,977.24			1,732.71	13,653.00	6,143.85	35,964.00	20.48
ALTERNATIVA NORTE (TRAMO ENLACE YARUQUÍ KM 0+000 - KM 2+410.128)									
0+000 - 1+000	1000	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
1+000 - 2+000	1000	4,484.00			1,561.00	12,300.00	5,535.00	32,400.00	18.45
2+000 - 2+410	410	1,838.44			640.01	5,043.00	2,269.35	13,284.00	7.56
SUB-TOTAL		10,806.44			3,762.01	29,643.00	13,339.35	78,084.00	44.46
AMPLIACION PANAMERICANA NORTE KM 1+357.57 - KM 9+259.47									
1+357 - 2+000	643	0.00	964.50	578.70	-	3,858.00	1,736.10	20,833.20	5.79
2+000 - 3+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
3+000 - 4+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
4+000 - 5+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
5+000 - 6+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
6+000 - 7+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
7+000 - 8+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
8+000 - 9+000	1000	0.00	1,500.00	900.00	-	6,000.00	2,700.00	32,400.00	9.00
9+000 - 9+259	259.00	0.00	388.50	233.10	-	1,554.00	699.30	8,391.60	2.33
SUB-TOTAL		-	11,853.00	7,111.80	-	47,412.00	21,335.40	256,024.80	71.12
TOTAL		90,361.57	11,853.00	7,111.80	31,457.27	295,281.60	132,876.72	908,949.60	442.92

**17.1.3 Drenaje (Obras de Arte Menor)**

Las cantidades constan el respectivo capitulo

**17.1.4 Puentes (Obras de Arte Mayor)**

Las cantidades constan el respectivo capitulo.

**17.1.5 Estabilidad de Taludes**

Las cantidades constan el respectivo capitulo.

**17.1.6 Señalización**

Las cantidades constan el respectivo capitulo.

**17.2 RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA**

Producto del análisis y cálculos realizados mediante cómputos métricos para cada rubro que interviene en este Estudio de Ingeniería, en los cuadros C-17.7, C-17.8Y C-17.9 se presenta un resumen de cantidades por kilómetro y total.